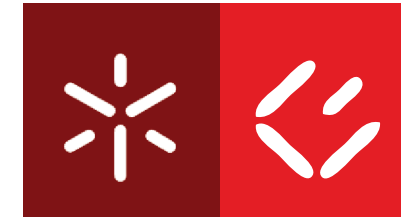




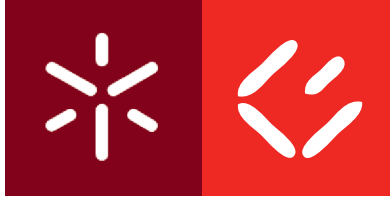
Cátia Mendonça Lopes

## **Valorização de Lamas de ETAR na Economia Circular: Desafios e Oportunidades**

**Universidade do Minho**  
Escola de Economia e Gestão







**Universidade do Minho**  
Escola de Economia e Gestão

Cátia Mendonça Lopes

**Valorização de Lamas de ETAR na Economia Circular: Desafios e Oportunidades**

Tese de Mestrado  
Mestrado em Economia

Trabalho efetuado sob a orientação da  
**Professora Doutora Lígia Maria Costa Pinto**

e do  
**Professor Doutor Paulo Jorge Ramísio Pernagorda**

Abril de 2018

## Declaração

**Nome:** Cátia Mendonça Lopes

**Endereço eletrónico:** katiamendlopes@hotmail.com

**Número do Bilhete de Identidade:** 14260227

**Título da dissertação:** Valorização de lamas de ETAR na Economia Circular: Desafios e Oportunidades

**Orientadores:** Lígia Maria Costa Pinto e Paulo Jorge Ramísio Pernagorda

**Ano de conclusão:** 2018

**Designação do Mestrado:** Mestrado em Economia

É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO PARCIAL DESTA DISSERTAÇÃO APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE.

Universidade do Minho, \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_

## **Agradecimentos**

A conclusão deste trabalho representa o findar de mais uma importante etapa da minha vida acadêmica e pessoal e ao mesmo tempo a concretização de um sonho, e como tal não posso deixar de agradecer a todos aqueles que de alguma forma, através de palavras, apoio, incentivos e paciência contribuíram para a sua realização.

Agradeço aos meus orientadores, Lúcia Pinto e Paulo Ramísio, por toda a dedicação, paciência, disponibilidade, exigência, apoio e ajuda prestada ao longo de todo este projeto desafiante.

À minha irmã, Raquel, por todo o carinho, apoio, pelas palavras de conforto e encorajamento nos momentos de maior desânimo, que mesmo estando longe foram sem dúvida o meu pilar. Obrigada mana.

Aos meus pais agradeço todo o apoio, amor, confiança e um obrigado especial à minha mãe pela paciência. Não existem palavras suficientes que consigam expressar a gratidão que sinto por vocês.

Ao professor Hélio Vilas, ao doutor Alberto, à professora Lurdes, um muito obrigado pela incansável ajuda e simpatia que sempre manifestaram.

Por último, mas não menos importante, quero agradecer à minha amiga Margarida, que foi sem dúvida um grande auxílio, que sempre me ajudou, e ao Norberto agradeço pelas palavras de incentivo. Obrigada pela vossa amizade.

A todos, obrigada do fundo do coração.



## Valorização de lamas de ETAR na Economia Circular: Desafios e Oportunidades

### Resumo

O desenvolvimento industrial aliado ao crescimento populacional verificado nas últimas décadas, tem tido repercussões significativas ao nível da escassez de recursos, da produção de resíduos e da degradação ambiental em todo o mundo. Neste contexto, torna-se necessário repensar o modelo económico vigente, associado a uma economia linear de produção-uso-descarte.

O modelo de economia circular, por oposição, é baseado na valorização de materiais dentro de um sistema fechado, possibilitando assim, a reutilização, a recuperação, a remanufatura, e a reciclagem durante o ciclo de vida de um produto.

A presente dissertação pretende dar um contributo para o estudo da circularidade no setor das lamas biológicas provenientes de Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR). Como resultado da fase sólida do processo de tratamento resultam resíduos, parcialmente desidratados, designados por lamas. Estas, na sua maior parte com origem em reatores biológicos, representavam em 2015 cerca de 64% do universo total de lamas produzidas em Portugal e têm como destino final a deposição em aterro ou a sua valorização através de compostagem, incineração ou a reutilização nos setores agrícola, florestal e da construção civil. Neste contexto, é importante analisar a quantidade e qualidade da produção de lamas, bem como a sua potencial valorização nas diferentes áreas de aplicação, contribuindo assim para fechar um ciclo dentro da economia circular.

Nesse sentido, são propostos e analisados sete indicadores de desempenho e caracterização associados à eficiência de tratamento das águas residuais, à eficiência de gestão das lamas, a acessibilidade económica do serviço, a densidade populacional, o uso da água e produção de energia por NUTs, áreas de intervenção e modelos de governança. Da análise realizada é possível tirar importantes implicações sobre a gestão atual das lamas nas ETARs mas também sobre a potencial valorização.

**Palavras-Chave:** Economia Circular, Valorização de Lamas, Águas Residuais.



# Valorisation of Sludge of wastewater treatment plant in the Circular Economy: Challenges and Opportunities

## Abstract

Industrial development coupled with population growth in recent decades has had important repercussions on the scarcity of resources, increased production of waste, and environmental degradation worldwide. In this context, a rethink of current economic model associated to a linear economy of production-use-disposal is needed.

The circular economy model is based on the valorisation of materials within a closed system, thus enabling, reuse, recovery, remanufacturing, and recycling during the life cycle of a product.

The present dissertation intends to contribute to the study of the circularity in the sector of the biological sludge produced from Wastewater Treatment Plants (WWTP). As a result of the solid phase of the treatment process residues, partially dehydrated, called sludge. These are predominantly derived from biological reactors, and represented around 64% of the total sludge produced in Portugal in 2015. Their final destination has been landfill or their valorisation through composting, incineration or reuse in the agricultural, forestry and construction sectors. In this context, it is important to analyse the different areas of application and valorisation of sludge, because thus help to close a cycle within the circular economy.

This dissertation proposes seven indicators to evaluate and characterise wastewater treatment efficiency, sludge management efficiency, economic accessibility of service, population density, water use and energy production by NUTs, areas of intervention and governance models. The analysis thus contributes to a complete characterisation of the present situation of wastewater treatment and management, and in this way sets the stage for the analysis of the potential value to be created by the transformation of the wastewater sludge produced.

**Keywords:** Circular Economy, Sludge recovery, Wastewater.



## Índice

|                                                               |           |
|---------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. Introdução .....</b>                                    | <b>1</b>  |
| <b>2. Revisão de Literatura .....</b>                         | <b>5</b>  |
| 2.1. Enquadramento teórico .....                              | 5         |
| 2.2. A origem e evolução do conceito: Economia Circular ..... | 6         |
| 2.3. Cradle to Cradle – “fechar o ciclo de vida” .....        | 8         |
| 2.4. Processos de tratamento das águas residuais .....        | 11        |
| 2.5. Processos de tratamento das lamas e tipos de lamas ..... | 12        |
| 2.6. Valorização das lamas .....                              | 13        |
| 2.6.1. Áreas de Valorização.....                              | 14        |
| 2.6.1.1. Agricultura .....                                    | 14        |
| 2.6.1.2. Compostagem .....                                    | 15        |
| 2.6.1.3. Área de construção civil .....                       | 16        |
| 2.6.1.4. Incineração.....                                     | 18        |
| 2.7. Regulamentação .....                                     | 19        |
| <b>3. Metodologia de investigação.....</b>                    | <b>23</b> |
| 3.1. Descrição das variáveis analisadas .....                 | 23        |
| 3.2. Descrição da base de dados .....                         | 25        |
| 3.3. Descrição da metodologia utilizada .....                 | 33        |
| 3.4. Proposta de indicadores de desempenho.....               | 35        |
| <b>4. Análise de Dados e Discussão de Resultados.....</b>     | <b>37</b> |
| 4.1. Método de análise comparativa .....                      | 37        |
| 4.2. Análise de indicadores de externalização das lamas.....  | 46        |
| 4.3. Modelo econométrico .....                                | 50        |
| <b>5. Conclusões .....</b>                                    | <b>55</b> |
| <b>6. Referências bibliográficas .....</b>                    | <b>59</b> |

|                |    |
|----------------|----|
| 7. Anexos..... | 69 |
|----------------|----|

## Índice de Figuras

|                                                                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 - Diagrama representativo dos fluxos de metabolismo Biológico e Técnico presente na abordagem Cradle to Cradle ..... | 9  |
| Figura 2 - Representação da Eco eficiência e da Eco eficácia .....                                                            | 10 |

## Índice de Gráficos

|                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gráfico 1 - Gráfico radar para as diferentes NUTs .....                                      | 40 |
| Gráfico 2 - Gráfico radar para as diferentes tipologias de área .....                        | 43 |
| Gráfico 3 - Gráfico radar para os diferentes modelos de gestão .....                         | 46 |
| Gráfico 4 - Índices de externalização de lamas pelos utilizadores dos Sistemas em Alta ..... | 48 |
| Gráfico 5 - Índices de externalização das lamas por NUTs .....                               | 49 |
| Gráfico 6 - Índice de externalização das lamas por tipologia de área .....                   | 49 |
| Gráfico 7 - Índice de externalização das lamas por modelos de gestão .....                   | 50 |

## Índice de Tabelas

|                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1 - Número de observações para cada grupo de variáveis ..... | 27 |
| Tabela 2 - Caracterização das entidades .....                       | 28 |
| Tabela 3 - Caracterização do funcionamento das entidades .....      | 30 |
| Tabela 4 - Variáveis de satisfação de "qualidade" .....             | 31 |
| Tabela 5 - Variáveis económicas .....                               | 32 |
| Tabela 6 - Indicadores das diferentes NUTs.....                     | 37 |
| Tabela 7 - Indicadores para as diferentes áreas de intervenção..... | 41 |
| Tabela 8- Indicadores para os diferentes modelos de gestão.....     | 44 |
| Tabela 9 - Estimação pelo método dos mínimos quadrados.....         | 51 |
| Tabela 10 - Estimativa da previsão de energia .....                 | 52 |
| Tabela 11 - Estimação do valor da energia produzida .....           | 52 |



## 1. Introdução

Os atuais níveis de consumo, associados ao rápido crescimento populacional e ao forte desenvolvimento do setor industrial, têm provocado um aumento da produção de resíduos de origem rural, urbana e industrial, assim como têm contribuído de forma significativa para a degradação ambiental (Genovese, Acquaye, Figueroa, & Koh, 2017). Dadas as circunstâncias, e consequente pressão nos recursos naturais, é importante pensar na questão da escassez dos recursos e na consequente incerteza ao nível dos preços (European Commission, 2015). É neste contexto que devem ser criadas estratégias que promovam um desenvolvimento sustentável.

O modelo da economia linear baseada no pressuposto de “take-make-dispose”, que tem levado à exaustão de capital e serviços ambientais, tem sido crescentemente questionado uma vez que se baseia na conversão dos recursos naturais em resíduos através da produção (Pinto, Ramísio, Marreiros, & Santos, 2017). Produção, que desencadeia uma pressão ambiental por duas formas: pela remoção do capital natural através da “colheita” insustentável das matérias-primas, como se estas fossem infinitas, e pela redução do valor desse capital, motivada pela poluição através dos resíduos (Murray, Skene, & Haynes, 2017). A utilização dos recursos a nível global, tem vindo a crescer a taxas aceleradas na última década, tornando assim urgente a alteração do modelo de desenvolvimento (Carrillo-Hermosilla, Del Río, & Könnölä, 2010; Preston, 2012; Schaffartzik *et al.*, 2014).

O paradigma da economia circular surge, neste contexto, como uma alternativa ao modelo da economia linear. O novo modelo propõe uma abordagem inclusiva e holística para a gestão dos recursos, que exige mudanças ao longo das cadeias de valor, desde o *design* de produtos até novos modelos comerciais e de mercado, de novas formas de transformar resíduos em recursos, e novos modos de comportamentos de consumo. Assim, a sua implementação implica mudanças significativas nos processos quer de consumo quer de produção (Pinto *et al.*, 2017).

O conceito de economia circular (EC), recolhendo já o consenso político e social propõe uma estratégia simples e convincente, que visa diminuir o consumo de materiais virgens e a produção de resíduos através do fecho do ciclo (Haas, Krausmann, Wiedenhofer & Heinz, 2015). A EC parece assim, uma estratégia promissora para enfrentar os desafios ambientais e económicos do século XXI dado que promove a gestão sustentável de energia e materiais na indústria ao contrário da economia linear (Ellen Fundação MacArthur 2013a, b; Hislop & Hill 2011; Moriguchi, 2007; Preston, 2012; Koci, Rocha, & Zakuciová, 2016).

Através da aplicação do conceito de economia circular, é possível manter o valor acrescentado nos produtos por maior tempo e praticamente eliminar o desperdício. Este é então um modelo económico reorganizado focado na estruturação dos sistemas de produção e consumo em círculos fechados.

No âmbito da economia circular foi desenvolvido um plano em Portugal chamado de Plano Nacional de Gestão de Resíduos (PNGR), que foi posteriormente implementado pela Agência Portuguesa do Ambiente (APA). Este introduziu dois objetivos estratégicos para a gestão de resíduos durante o período de 2011-2020. Esses objetivos passam pela promoção de eficiência da utilização de recursos naturais na economia, ou seja, promover uma economia cada vez mais circular, fazendo com que os bens que deixam de ter utilidade para alguns consumidores, passem a integrar outro processo produtivo (Ellen MacArthur Foundation, 2013b); e pela minimização dos impactos adversos resultantes da produção e gestão de resíduos.

Visto que os principais objetivos do PNGR passam pela promoção do desenvolvimento sustentável, a nível económico e ambiental, torna-se fundamental a caracterização do conceito da economia circular na área industrial. A presente dissertação propõe a análise da aplicabilidade do conceito da economia circular ao setor das águas residuais, o qual inclui águas residuais domésticas, industriais e pluviais. As águas residuais são tratadas nas Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR), com o objetivo de remover a carga poluente para níveis ambientalmente aceitáveis antes de as devolver ao meio natural. Deste processo resultam resíduos parcialmente desidratados, maioritariamente provenientes de reatores biológicos, e, portanto, designados por lamas biológicas. Em 2015, as lamas de ETARs representavam cerca de 64% do universo total de lamas produzidas e declarado pelos produtores e operadores em Portugal (Agência Portuguesa do Ambiente, 2017). Estas podem ter como destino final o aterro ou a valorização através da compostagem, incineração ou a reutilização para diversos setores, tais como o agrícola, o florestal ou a construção civil.

Neste contexto, é importante analisar a disponibilidade, procura, aplicação e valorização das lamas, para ser possível fechar um ciclo dentro da economia circular.

A questão analisada nesta dissertação tem ainda outras implicações para além da análise da circularidade no setor das águas residuais. Uma das implicações refere-se às orientações estratégicas para os resíduos no período entre 2014-2020. Estas foram consagradas em vários planos específicos. Um deles, o Plano Estratégico para os Resíduos Urbanos (PERSU, 2017), aprovado em 1997, que pretende garantir um nível de proteção ambiental e de saúde humana, através de processos, uso de

tecnologias e infraestruturas adequadas, com o objetivo de promover a minimização da produção de resíduos e a perigosidade dos mesmos procurando integrá-los nos processos produtivos como materiais secundários, reduzindo os impactos da extração de recursos naturais, assegurando assim os recursos essenciais às nossas economias, criando oportunidades para o desenvolvimento económico e a criação de postos de trabalho (ERSAR, 2016).

Não menos importante, é o Plano Estratégico para o setor de abastecimento de água e saneamento de águas residuais, PENSAAR 2020, que foi elaborado por uma comissão de acompanhamento (CdA) criada pelo despacho n.º 9304/2013, de 2 de julho, do Secretário de Estado do Ambiente e do Ordenamento do Território. Este Plano tem como desafios a resiliência e segurança dos serviços básicos de água e saneamento, reconhecidos como um direito humano dando também o seu apoio ao crescimento verde, que por sua vez requer a prestação de serviços de qualidade de uma forma altamente profissionalizada e sustentável a nível social, económico e financeiro. É com esta nova estratégia para o setor em questão e a promoção junto da população servida que é garantido “o acesso a um serviço público de água e saneamento de qualidade e adequado às suas necessidades, com custos socialmente aceitáveis.” (PENSAAR, 2015).

O objetivo desta dissertação é analisar de uma forma sistemática a possibilidade de implementação do paradigma da economia circular na valorização de subprodutos de ETAR, considerando que do processo de tratamento das águas residuais resulta um subproduto rico em matéria orgânica, e em nutrientes (maioritariamente Azoto e Fósforo), apresentando também, uma baixa concentração de contaminantes, suspeita-se da possibilidade da criação de um produto com grande valor acrescentado relativamente ao destino mais comum atualmente, o aterro.

Portanto, é necessário efetuar um prognóstico das áreas de valorização para as lamas biológicas. Para isso, torna-se essencial perceber se a qualidade do serviço prestado pelas estações de tratamento é adequada e eficiente ao nível da gestão das águas residuais e das lamas. Não menos importante, é compreender se o conceito da economia circular está a ser implementado nas ETARs, com intuito de criar algo com valor acrescentado no futuro.

Tendo em conta esta questão de criar um produto com valor representativo no futuro, temos de ter presente que existem atualmente casos pontuais de valorização das lamas na agricultura e na construção civil, mas na realidade não existe um mercado para as mesmas. Logo, um dos nossos objetivos passa por isso mesmo, pela criação de um produto benéfico em termos ambientais e económicos após aplicação da economia circular.

Em suma, a dissertação tem os seguintes objetivos específicos:

1. Compreender se o serviço prestado pelas estações de tratamento é adequado e eficiente;
2. Compreender se o conceito da Economia Circular está a ser implementado nas ETARs;
3. Fazer a caracterização dos fluxos de lamas do setor das águas residuais no âmbito da Economia Circular;
4. Analisar o potencial de mercado para um novo produto, neste caso as lamas valorizadas.

A prossecução dos objetivos enunciados está estruturada em cinco capítulos incluindo as referências bibliográficas. No primeiro capítulo é feita uma abordagem introdutória ao tema de estudo onde são apresentados os objetivos de investigação; no segundo, procedesse à exposição das principais contribuições empíricas existentes na literatura, que incluem a explicação acerca da origem e evolução do nosso conceito chave, a economia circular, bem como de outros conceitos. Do segundo capítulo consta também a exposição das diferentes etapas dos processos de tratamento das águas residuais e das lamas, finalizando com a apresentação das diferentes áreas de valorização. O terceiro capítulo especifica a metodologia de investigação a utilizar, bem como, a descrição pormenorizada da base de dados e das variáveis a tratar. Ainda neste ponto apresenta-se uma proposta de criação de indicadores de desempenho para avaliar a eficiência das ETARs. No quarto capítulo é feita uma análise e discussão dos dados a partir de métodos de análise comparada. No quinto e último capítulo são apresentadas as conclusões e limitações do estudo, onde se expõe também uma proposta de trabalho futuro para ultrapassar essas mesmas limitações.

## 2. Revisão de Literatura

### 2.1. Enquadramento teórico

A escassez de água, em consequência do aumento da urbanização e/ou alterações climáticas, tem provocado a diminuição da sua disponibilidade, o que tem impulsionado a preocupação em reduzir e reutilizar a água. Esta ideia foi ganhando força ao longo do tempo, e recentemente descobriu um contexto mais geral dentro da economia circular. Neste sentido, os relatórios da união europeia salientam a necessidade de estimular as partes interessadas para reconhecer em primeiro lugar que a água é um recurso essencial, limitado, que precisa ser cuidadosamente alocado, e desta forma apoiar e promover economias circulares e verdes (Commission, 2014).

Neste sentido é importante fazer referência ao papel das Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) que, através de um conjunto de processos físicos, químicos e biológicos, promovem a retenção de grande parte da carga poluente presente nas águas residuais. Do processo de tratamento resultam efluentes líquidos e resíduos parcialmente desidratados, de origem maioritariamente biológica, como anteriormente referenciado. Estes resíduos representam apenas 1% a 2 % do volume de água residual tratada, mas tem um custo de tratamento que corresponde entre 20 % a 60% dos custos totais de funcionamento e operação no tratamento de águas residuais (Andreoli, Sperling & Fernandes, 2007).

Relativamente ao caso português, o “Plano de ação para a Economia Circular” propõe a recuperação e reutilização tantas vezes quanto possível dos recursos, bem como a valorização dos nutrientes que estão presentes nas lamas de águas residuais. No entanto, é necessário ter em conta que a composição das águas residuais municipais é diferente de região para região. Contudo os seus principais componentes são a matéria orgânica, o azoto, e o fósforo. Estes nutrientes, que fazem parte dos constituintes das lamas, são essenciais para o processo de desenvolvimento das plantas e, quando corretamente aplicados nos solos, permitem reduzir a necessidade de recorrer a adubos químicos, contribuindo desta forma para a recuperação dos nutrientes e para a gestão sustentável dos recursos (European Commission, 2015; Li, Li, Cui, Wei, & Ma, 2012). É importante também realçar que os nutrientes anteriormente referenciados são os principais utilizados em fertilizantes agrícolas. Porém, é importante referir que um excesso de nutrientes e substâncias biodegradáveis na água tem uma variedade de impactos ambientais adversos, como é o caso da eutrofização, que tem consequências

não só sobre a qualidade das águas superficiais, mas também sobre o equilíbrio e a composição dos ecossistemas aquáticos (Koci *et al.*, 2016).

Portanto, a transformação do comum “resíduo” num recurso, é uma parte essencial para promover a eficiência dos recursos e a transição para uma economia mais circular (European Commission, 2015; Koci *et al.*, 2016). No entanto, esta transição de paradigma requer mudanças ao longo da cadeia de valor, desde a conceção do produto, ao desenvolvimento de novos modelos de negócio e de mercado, de novas formas de transformar “resíduos” em recursos a novos modos de comportamento do consumidor (Smol, Kulczycka, Henclik, Gorazda, & Wzorek, 2015).

## 2.2. A origem e evolução do conceito: Economia Circular

A transição da economia linear atual para a economia circular irá causar mudanças nos procedimentos tecnológicos, no comportamento do consumidor, bem como no relacionamento com o cliente fornecedor, exigindo uma mudança sistêmica, completa e inovadora nas organizações, na sociedade, na política e na tecnologia (Koci *et al.*, 2016; Smol *et al.*, 2015).

Relativamente às origens do conceito, a *Ellen MacArthur Foundation* defende que o mesmo não pode ser associado a uma única data ou autor. No entanto, as suas aplicações práticas ganharam força desde a década de 1970 por alguns académicos, pensadores e empresas e dessa forma foi evoluindo e aperfeiçoando-se por diferentes escolas de pensamento (Ellen MacArthur Foundation, 2013b).

John T. Lyle começou por desenvolver e impulsionar o conceito de *design* regenerativo que poderia ser implementado em vários sistemas desde a gestão de paisagem, o uso do solo e recursos naturais de forma eficiente.

Em 1976, Walter Stahel, arquiteto e economista, produziu um relatório de investigação para a Comissão Europeia, “*Jobs for tomorrow: The Potencial for Substituting Manpower for Energy*” em co-autoria com Genevieve Reday Mulvey, que dá origem a uma visão de economia circular, ou melhor dizendo, uma economia em ciclos e o seu impacto em diversos pontos, tais como, competitividade económica, criação de emprego, prevenção e até mesmo diminuição de desperdícios de recursos (Ellen MacArthur Foundation, 2013a, b). Em 1982 o mesmo economista, Stahel, ficou conhecido por ter dado origem ao termo “Cradle to Cradle” (C2C), trabalhou na área da sustentabilidade industrial e escreveu o artigo científico intitulado por “*The Product Life Factor*” com a atribuição de um “prémio pelo

prestigiado U.S. Mitchell Prize” (Leitão, 2015). Foi nesta publicação, que pela primeira foi abordado a definição de circuito fechado da economia que é conhecida hoje em dia pelo conceito, Economia Circular. Nesta mesma publicação foi referenciado o impacto do conceito em termos de eficiência e duração de recursos, prevenção e redução de resíduos, criação de emprego e relevância da inovação ao defender a extensão do ciclo de vida de um produto – “reutilizar, reparar, renovar e reciclar” (Ellen MacArthur Foundation, 2013a, b; Stahel, 1984, 2010; Leitão, 2015).

O químico alemão, Michael Braungart, conjuntamente com o arquiteto americano Bill McDonough, prosseguiram no desenvolvimento do conceito “*Cradle-to-Cradle*”, precursor da economia circular. Este conceito tem por base três princípios: A supressão do conceito de resíduo, por “resíduo é igual a alimento”, a utilização de energias com fontes renováveis, como por exemplo a solar e, por fim, a gestão do uso da água que promova a maximização da qualidade e que por sua vez, promova ecossistemas saudáveis, respeitando os impactos locais (Ellen MacArthur Foundation, 2013a, b).

A Economia Circular é, portanto, um modelo que permite reconsiderar as práticas económicas da atual sociedade e que se inspira no funcionamento da própria Natureza, sendo claramente indissociável da inovação e do *design* de produtos e sistemas. Este é então enquadrado num contexto de desenvolvimento sustentável que tem por base o princípio de “fechar o ciclo de vida” dos produtos, permitindo a redução no consumo de matérias-primas, energia e água. (Ellen MacArthur Foundation, 2013a; Ellen MacArthur Foundation, McKinsey & Company 2014).

Para além da importância a nível de inovação, Bernd Meyer, defende que a criação de sistemas e soluções da economia circular não só reduzem as necessidades de utilização das matérias-primas da União Europeia de 17% a 25%, como também ajuda a criar emprego, até 2,6 milhões em 20 anos (Meyer, 2011). O que vai de encontro com o que é defendido por Pinto, Ramísio, Marreiros e Santos (2017), sobre os inúmeros benefícios associados ao conceito, relativamente à promoção da eco-inovação, criação de novas oportunidades e modelos de negócios, produtos e serviços, manter os produtos, materiais e recursos nos sistemas económicos por mais tempo, redução da dependência de combustíveis fósseis, minimizar a produção de resíduos, diminuir as emissões de carbono e preservar o capital natural não esquecendo da contribuição para a mitigação das alterações climáticas.

Para outros autores, como Murray, Skene e Haynes (2017), a economia circular é a tentativa mais recente de conciliação entre os três pilares do desenvolvimento sustentável: económico, ambiental e social. Sendo claro nos dias de hoje que é uma alternativa atrativa e viável para as empresas de

várias dimensões que já estão a colocar em prática no sentido de cumprir com o objetivo de equilíbrio, desenvolvimento e proteção dos recursos ambientais (UNEP, 2006). No entanto a implementação da economia circular não é possível sem a criação de um ambiente económico em que os sistemas cíclicos, de matérias e energia sejam economicamente vantajosos. Isto provavelmente obrigará ao desenvolvimento de um sistema ambiental de tributação de preços, incluindo a quantificação dos custos reais associados com a inclusão de externalidades (Koci *et al.*, 2016).

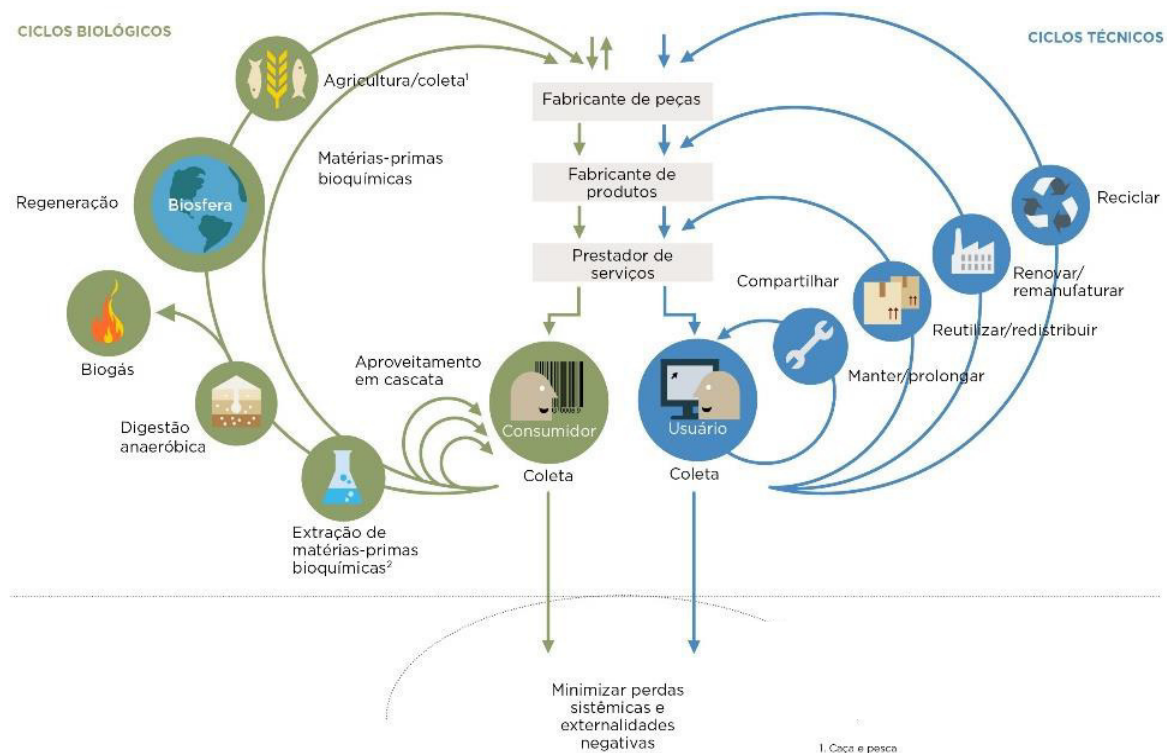
Em suma, a economia circular, é um paradigma que através do desenvolvimento de novos produtos, novos modelos de produção, de negócio, de consumo e de comportamento visa criar um equilíbrio entre as empresas, os consumidores e os recursos naturais.

### 2.3. Cradle to Cradle – “fechar o ciclo de vida”

*“Cradle-to-Cradle”*, C2C, é uma abordagem relativamente recente da sustentabilidade, sendo também o oposto do conceito tradicional, *“Cradle-to-Grave”* que por sua vez molda a ideia de que os recursos são extraídos, utilizados e descartados (McDonough & Braungart, 2002a). O atual conceito, C2C reflete uma ideia diferente em que os materiais são tratados como recursos e fluxos infindavelmente num metabolismo cíclico dos processos produtivos, sem haver perda de qualidade e deposição em aterro (Braungart, McDonough & Bollinger, 2007; El-Haggag, 2007).

De acordo com esta filosofia de pensamento, nos processos industriais existem duas categorias, sendo elas técnicas e biológicas, como podemos observar pelo diagrama de fluxos (figura 1). O *design “Cradle to Cradle”* compreende os processos produtivos do “metabolismo biológico” da natureza como um modelo para desenvolver um fluxo de “metabolismo técnico” de materiais industriais. E os componentes do produto podem ser projetados para a recuperação contínua e reutilização como nutrientes biológicos e técnicos dentro desses metabolismos (McDonough & Braungart, 2002a).

**Figura 1** - Diagrama representativo dos fluxos de metabolismo Biológico e Técnico presente na abordagem Cradle to Cradle



**Fonte:** Website da Ellen MacArthur Foundation (2018)

Neste contexto, uma distinção entre *upcycling* e *downcycling* é importante. Se o material reciclado tem o mesmo nível de qualidade ou mais que o material original, designa-se um processo de *upcycling*. Caso contrário, se o produto é reciclado e a sua qualidade é inferior e, consequentemente, a produção a partir do mesmo já não é de alta qualidade, designa-se de processo *downcycling* (Kalogerakis, Drabe, Paramasivam & Herstatt, 2015).

Em suma, *upcycling* permite que os materiais mantenham a sua condição de recurso por tempo infinito, enquanto, o *downcycling* atrasa apenas a deposição em aterro ou incineração (Kalogerakis *et al.*, 2015).

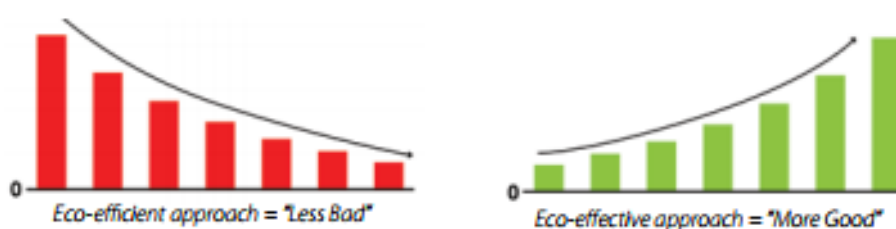
Em linha com a mudança para um sistema de economia circular, Braungart e McDonough, (2013) sugerem que o enfoque seja sobre a eco-eficácia em vez de eco-eficiência, sendo que, esta transição de eficiência para a eficácia leva a uma redefinição de resíduos (Bjørn & Hauschild, 2013, McDonough & Braungart, 2013). Assim, pode-se dizer que as empresas seguem o processo C2C para adotar uma nova abordagem a fim de fazer “mais bem” em vez de “menos mal”, porque fazer menos

mal não significa fazer melhor, segundo McDonough e Braungart, (2002b). O C2C visa maximizar o impacto positivo no uso dos resíduos em vez de se ficar apenas pela minimização do impacto negativo de um processo (McDonough, Braungart, Anastas & Zimmerman, 2003).

Por outras palavras, a eco eficiência é caracterizada pela assunção de um fluxo linear e unidirecional de materiais através de sistemas industriais, em que as matérias-primas são extraídas do meio ambiente, transformadas em produtos e eventualmente descartadas (Ellen MacArthur Foundation, 2013b). Neste sistema, as técnicas eco eficientes tentam apenas minimizar o volume, a velocidade e a toxicidade do fluxo de material no sistema, tentando reduzir a pegada negativa tal como representado na Figura 2, sendo incapazes de alterar a sua tendência linear, portanto este processo é de downcycling (Ellen MacArthur Foundation, 2013a). Este processo linear tem sido descrito como um modelo “*Cradle-to-Grave*”, ilustrando assim como os recursos se tornam resíduos (Johannsdottir, 2014).

Por outro lado, com esta abordagem de desmaterialização e minimização, o conceito de eco-eficácia propõe a transformação de produtos e fluxos de materiais por forma a apoiar os sistemas ecológicos e o crescimento económico futuro na tentativa de aumentar a sua pegada ecológica positiva ou benéfica, tal como representado na Figura 2. O objetivo do segundo conceito, não é de minimizar o fluxo de materiais de “*Cradle-to-Grave*”, mas gerar "metabolismos" cíclicos, de “*Cradle-to-Cradle*”, que permitem que os materiais mantenham seu *status* como recursos ao longo do tempo (*upcycling*) (Ellen MacArthur Foundation, 2013a, b).

**Figura 2** - Representação da Eco eficiência e da Eco eficácia



**Fonte:** Retirado de McDonough & Braungart, 2002b

## 2.4. Processos de tratamento das águas residuais

As águas residuais urbanas resultam da combinação de efluentes que advêm dos sistemas prediais, de estabelecimentos industriais e, por vezes de águas superficiais, subterrâneas e pluviais. A descarga das mesmas em meios aquáticos recetores sem qualquer tratamento prévio, apresenta riscos elevados a vários níveis, dado o teor de matéria orgânica, nutrientes, microrganismos patogénicos e, por vezes metais pesados. Para evitar esse tipo de situações é obrigatório proceder ao tratamento das mesmas antes da sua devolução ao meio natural. No entanto, é preciso ter em conta que a maioria dos sistemas de tratamento de águas residuais transfere durante o processo algumas externalidades ambientais (Pinto *et al.*, 2017). As estações de tratamento de águas residuais vêm corrigir esse problema, com o objetivo de tratar as águas residuais urbanas ou industriais, para que estas possam ser lançadas ao meio hídrico sem quaisquer impactos negativos significativos.

Desta forma, as Estações de Tratamento de Águas Residuais são compostas por vários processos unitários que permitem remover os diferentes contaminantes, de acordo com os graus de exigência, ou até mesmo de acordo com os fins de reutilização tanto das águas como das lamas, através de processos físicos, químicos ou biológicos. Desta forma, e conforme as respetivas características das águas residuais, domésticas ou industriais, e as diferentes realidades geográficas e demográficas, existem diversos níveis de tratamento a ter em conta.

1. Tratamento Preliminar – É destinado à preparação das águas residuais a tratar. Nesta fase são removidas as partículas maiores através de um processo de gradagem, protegendo assim todo o equipamento a jusante. Os subprodutos nesta fase são normalmente heterogêneos, com baixo potencial de valorização. Nesse sentido o processo de separação continua com a fase seguinte (Metcalf & Eddy, 2003; Inácio, 1995).
2. Tratamento Primário – Nesta fase, as estações de tratamento recorrem à decantação ou precipitação para proceder à separação dos sólidos de pequena dimensão (Metcalf & Eddy, 2003; Inácio, 1995).
3. Tratamento Secundário – Em adição aos tratamentos anteriores, esta deverá incluir um processo biológico, realizados por microrganismos em especial nas águas residuais urbanas. Nesta etapa é possível proceder à oxidação dos constituintes biodegradáveis dissolvidos em suspensão, o que os transforma em produtos estáveis de baixa energia. Em

alternativa, é ainda possível que esta etapa seja realizada por via química, o que representa maiores custos de operação (Metcalf & Eddy, 2003; Inácio, 1995).

4. Tratamento Terciário – Esta fase serve como complemento e afinação das fases anteriores. Esta destina-se à extração de nutrientes, nomeadamente azoto e fósforo, desinfecção ou até mesmo extração de matéria em suspensão (Metcalf & Eddy, 2003; Inácio, 1995).

O subproduto resultante do processo de tratamento de águas residuais pode ser visto como um problema ou uma oportunidade. De acordo com as diretivas comunitárias, as lamas e gorduras em bruto, que advêm das estações de tratamento, não podem ser depositadas em qualquer ambiente natural. Por esta razão, deve ser processado, através de tratamento adequados para mais tarde ser usado como fertilizante, material de construção, ou fonte de combustível alternativo adequado para coincineração em fornos de alta temperatura (Bratina *et al.*, 2016; Fytili & Zabaniotou, 2008).

## **2.5. Processos de tratamento das lamas e tipos de lamas**

A gestão de resíduos atual é orientada por princípios de minimização de resíduos, recolha seletiva, privilegiando sempre as técnicas de valorização face à deposição em aterro ou incineração, com vista à proteção dos vários recursos naturais como o solo, o ar e as águas subterrâneas, superficiais e pluviais (Fraga, 2017).

É importante referir que depois de geradas, as lamas, são submetidas a diversos tratamentos tais como: espessamento para redução do seu volume, estabilização para eliminar organismos patogénicos, desidratação para reduzir o seu conteúdo em água para facilitar o transporte e evitar a libertação de odores (Costa & Ferreira, 2002). Desses processos de tratamento, são originadas as lamas primárias, secundárias ou biológicas e terciárias (Comissão Europeia, 2001; Turovskiy & Mathai, 2006).

No que diz respeito às lamas primárias estas resultam da sedimentação primária a que são sujeitas as águas residuais, para assim retirar os sólidos que sedimentam mais facilmente. O menor teor de humidade torna mais fácil a remoção dos sólidos quando comparadas com as outras lamas. Por outro lado, as lamas primárias apresentam um teor de sólidos de 1 a 4%, e são altamente putrescíveis, levando a um odor desagradável caso sejam armazenadas sem arejamento (Turovskiy & Mathai, 2006).

Quanto às lamas secundárias, ou lamas biológicas, estas são mais difíceis de desidratar do que as lamas primárias devido aos flocos biológicos serem pouco densos (Turovskiy & Mathai, 2006). Estas lamas diferenciam-se das outras, dados os níveis superiores de proteínas, nutrientes e matéria orgânica, que são muito importantes para aplicações agrícolas, como fertilizante.

Relativamente às lamas provenientes do tratamento terciário, são em menor quantidade e são normalmente tratadas conjuntamente com as lamas anteriores.

Segundo Silva, Saldanha Matos e Rosa (2016), uma menor produção de lama (medida em unidades de peso) pode, muitas vezes, corresponder a uma maior eficiência de tratamento das mesmas, uma vez que se produzem lamas mais concentradas o que trará vantagens para a sua valorização.

## **2.6. Valorização das lamas**

Uma das questões centrais deste estudo é a de analisar as diferentes aplicações das lamas e para isso torna-se importante examinar a valorização das mesmas, a sua disponibilidade e procura potencial. Segundo Silva *et al.*, (2016) a aplicação da lama tem usos benéficos e não benéficos, isto é, quando as mesmas são aplicadas no solo, em compostagem, na co-incineração com resíduos municipais, e na recuperação de calor, a aplicação é benéfica. Por outro lado, o uso não benéfico, está associado à deposição em aterro e à incineração sem recuperação de calor.

No entanto, segundo a Entidade Reguladora (ERSAR, 2016), as opções preferenciais para a valorização das lamas passam pela agricultura, dado que este destino tem menores custos associados à sua deposição, tendo claras vantagens na melhoria das propriedades físicas e químicas do solo, dada a riqueza em certos nutrientes, como sejam o fósforo e o azoto. Existe, no entanto, outra alternativa, o aterro, opção que implica custos elevados de deposição e contribui para o esgotamento da capacidade dessas infraestruturas.

Os países mais desenvolvidos, durante os últimos 20 anos, têm vindo a converter a lama urbana em recursos, tais como: fertilizante, energia, produtos químicos industriais (cimentos) e/ou material para construção (Cusidó & Cremades, 2012). As reutilizações das lamas são cada vez mais, economicamente viáveis e ambientalmente sustentáveis em comparação com a opção de aterro sanitário ou até mesmo tratamento de resíduos. As futuras estratégias devem encaixar-se na tendência

da eco-inovação, a fim de cumprir o conceito principal da comissão europeia “reduzir, reutilizar e reciclar” atualmente entendida como a hierarquia de gestão de resíduos (Kacprzak *et al.*, 2017).

### 2.6.1. Áreas de Valorização

#### 2.6.1.1. Agricultura

As águas residuais e as lamas contêm uma concentração considerável de fósforo, que é a matéria-prima para a produção de adubos de fosfato, sendo também um nutriente indispensável para o crescimento das plantas e produção de alimentos, logo, é importante garantir a quantidade suficiente para a produção alimentar futura, uma vez que, o mesmo não tem substituto e não é renovável na escala de vida humana (Koci *et al.*, 2016; Silva, Saldanha Matos & Rosa, 2016). A sua fonte primária, rochas fosfáticas, estão a tornar-se escassas. Esta escassez deve-se ao facto de as camadas de fosfato se encontrarem em difíceis condições de explorar, o que implica maiores custos e maiores quantidades de geração de resíduos no processo de extração (Guedes, Couto, Mateus & Ribeiro, 2017). No entanto, as lamas também são constituídas por diferentes contaminantes, em menores quantidades, tais como metais pesados, o que vem complicar o processo de valorização (Siebielska, 2014; Silva *et al.*, 2016).

Com o debate em torno desta escassez é claro que a longo prazo não haverá outra solução para estas questões ambientais, se não o desenvolvimento e aplicação da economia circular fechando assim o seu ciclo através de uma melhor recuperação, reutilização e reciclagem de fósforo (Guedes *et al.*, 2017).

Por este motivo seria interessante olhar para as águas residuais, não como resíduos indesejáveis, mas como uma fonte de matérias-primas a partir da qual é possível obter fósforo através das suas lamas (Koci *et al.*, 2016). É certo que a quantidade de lamas depende do país e região, mas segundo Guedes, Couto, Mateus e Ribeiro, (2017), não há dúvidas de que toneladas de fósforo estão a ser desperdiçadas devido à falta de processos inovadores e à não implementação de princípios de economia circular no setor.

Este é então um exemplo de um recurso crítico que poderia ser utilizado de forma mais eficiente numa economia circular para apoiar fontes de crescimento e de diminuição sustentável da poluição. Mas uma das principais ameaças à recuperação de fósforo prende-se com a falta de tecnologias e de legislação a nível da União Europeia. No intuito de se ultrapassar estas dificuldades é importante o

desenvolvimento de uma “estratégia verde” para o fósforo, desde que tenha por base a economia circular, isto é, um modelo económico global que faz a separação de crescimento e desenvolvimento económico do consumo de recursos que são finitos e que vai para além da simples redução de resíduos, promovendo a inovação tecnológica, organizacional e social (Guedes *et al.*, 2017).

Contudo, como abordado inicialmente, as lamas podem também conter metais pesados, resíduos de produtos farmacêuticos e produtos de cuidados pessoais que seriam transferidos para os fertilizantes. Portanto a aplicação destas no solo, apresenta a necessidade de avaliação do risco para a cadeia alimentar, uma vez que, existe a possibilidade de contaminação devido à presença destes poluentes. No entanto, uma vez que estas substâncias ocorrem em concentrações relativamente baixas, é difícil removê-las de forma eficiente (Koci *et al.*, 2016). Por isso, um ponto a ter em conta antes de se adicionar lamas é a verificação dos níveis de metais pesados existentes nos solos, com o intuito de estudar a capacidade de os mesmos para receber as lamas como fertilizante sob diretivas atuais e futuras garantindo assim a sua sustentabilidade (Giller, Witter & McGrath, 2009).

Um exemplo é o da União Europeia, em que a aplicação das lamas é proibida onde a concentração de um ou mais metais pesados excede os valores limite (Diretiva do Conselho 86/278/CEE), porque num solo que contém demasiados metais pesados acaba por pôr em risco o ecossistema aumentando assim a probabilidade dos efeitos negativos de longa duração associados à entrada de lamas nos solos, gerando a degradação dos mesmos (Giller *et al.*, 2009).

A maioria dos metais pesados estão disponíveis em solos cujo PH é inferior a 5, o que significa que apresentam um PH baixo, e nestas situações não se devem aplicar lamas. Portanto, a lama é aplicada nos solos quando o PH do solo é superior a 5, mas posteriormente deixa de haver uma nova aplicação por um longo período de tempo, porque o PH do solo pode ser facilmente reduzido (Mosquera-Losada *et al.*, 2017)

Por diversos anos, o solo foi a principal opção para membros da UE. No entanto, a aceitação pública tem vindo a diminuir e os limites rigorosos estão a tornar-se num fator limitante de aplicação (Smol *et al.*, 2015).

#### **2.6.1.2. Compostagem**

A compostagem é um processo biológico através do qual a matéria orgânica é decomposta por microrganismos existentes nos próprios resíduos ao longo de várias fases, onde o composto é o produto

final deste processo (Tavares, 2014). Portanto, a compostagem de lamas é um dos processos de tratamento utilizados para transformar as lamas num produto final de elevado valor agronómico e comercializável, fácil de manusear, armazenar e empregar (Cabrera, López, Martín & Murillo, 1997; Florindo, 2009). Este processo de compostagem de lamas permite atingir objetivos como a eliminação de organismos patogénicos, estabilização, secagem e produção de um produto estável que pode ser aplicado com fins produtivos a fim de melhorar a qualidade dos solos quando aplicado como fertilizante. A aplicação pode ser feita em solos destinados a culturas alimentares, pastagens e jardins, o que vem resolver a questão da deposição final em aterro e dos problemas ambientais inerentes (Barbosa, 2008; Guerrini *et al.*, 2017; US EPA, 2002).

Portanto, uma vez mais, as lamas quer sejam tratadas através de compostagem ou outro processo têm grande utilidade a nível agrícola para o caso português dado que são ricas em azoto, fósforo e cálcio, e podem também corrigir o pH dos solos uma vez que, estes apresentam normalmente um pH alcalino (Florindo, 2009).

O procedimento para a compostagem envolve a escolha de materiais, a seleção do local e do sistema de compostagem. Este processo pode depender dos materiais existentes e do tempo disponível para a compostagem desses materiais, mas para que tudo aconteça e estimular o crescimento microbiano é necessária a presença de água, oxigénio, uma fonte de carbono orgânico e nutrientes (Tavares, 2014).

É importante referir que existe um controlo minucioso do processo quer em termos de balanços de massa, quer de características dos materiais de modo a monitorizar os constituintes que estão presentes à saída do mesmo, no que diz respeito a metais pesados. Este controlo permite resguardar a produção de composto fora das especificidades, o qual não poderá ser efetivamente valorizado em terrenos agrícolas. Com um controlo adequado das características dos materiais a compostar em todas as fases do processo, é garantida a qualidade do produto final (Tavares, 2014).

#### **2.6.1.3. Área de construção civil**

O desenvolvimento sustentável acompanhado pelas melhorias dos indicadores económicos, sociais e ambientais chamam à atenção para a indústria da construção, que é um setor emergente a nível global, e ao mesmo tempo uma indústria altamente ativa nos países em desenvolvimento (Ortiz, Castells & Sonnemann, 2009). Para alguns autores a indústria de construção tem vindo a desempenhar

grandes impactos sobre aspetos de cariz social, ambiental e económico da sustentabilidade (Gencel *et al.*, 2012), sendo que os aspetos positivos se prendem com as novas oportunidades de emprego, a construção de vários tipos de edifícios que satisfaçam as necessidades dos seres humanos e a contribuição para o produto interno bruto. No entanto, a mesma indústria, segundo Zuo, Zillante, Wilson, Davidson e Pullen, (2012), tem também impactos negativos sendo eles a produção de resíduos, a emissão de gases com efeito de estufa, ruído e poeiras.

A incorporação de lamas como matéria prima na indústria da Construção Civil tem sido feita de forma direta ou através de cinzas de incineração, para a fabricação de materiais, tais como: a produção de tijolos de argila, azulejos, cimento, na forma de agregados de betão e argamassa, mas também como um componente na síntese de matérias leves, cerâmica, vidro e construção de estradas (Smol *et al.*, 2015). Esta alternativa tem-se mostrado viável e interessante devido à elevada taxa de utilização de materiais de cerâmica no setor de construção e o facto de esta utilização implicar uma menor extração de matéria-prima natural, como areia, rocha, o que vem minimizar também os custos que tal acarreta. No entanto, reúne alguns problemas ambientais e alguns preconceitos por parte dos utilizadores (Cusidó & Cremades, 2012).

Relativamente à preocupação pública sobre a segurança sanitária dos edifícios que têm incorporados materiais contendo lamas ou cinzas de ETAR, é uma realidade, porque as pessoas pensam que isso significa colocar resíduos tóxicos e perigosos diretamente nas casas. De acordo com Cusidó e Cremades, (2012), foram realizados testes a vários materiais e ficou provado que os tijolos feitos com as lamas são mais leves, têm propriedades isolantes acústicas e térmicas melhores que os tijolos de argila convencionais. Portanto, a lama pode ser incorporada com sucesso na fabricação de tijolo, com as devidas percentagens em peso, ou seja, de 5% a 25%. Com isto conclui-se que esta incorporação de materiais, torna-se uma realidade e assim sendo o utilizador final deve saber que não existe nenhuma restrição ambiental ou a qualquer risco para a saúde (Cusidó & Cremades, 2012).

No que diz respeito a esta questão da preocupação pública, podemos remeter à proposta feita por Wüstenhagen, Wolsink e Bürer, (2007) relativa ao modelo triangular da aceitação social da inovação. Desta proposta resulta um “triângulo” cujos vértices são: aceitação sócio-política, aceitação da comunidade e aceitação de mercado. A aceitação sócio-política diz respeito à aceitação de tecnologias e políticas pelos agentes e decisores políticos e pelo público de forma geral, enquanto que a aceitação da comunidade tal como o nome indica, refere-se à aceitação de estações de tratamento por parte das comunidades e autoridades locais. Por fim a aceitação de mercado diz respeito à

confiança dos compradores e investidores sobre as características e preços dos produtos resultantes da inovação. Quanto ao reconhecimento, este é maior ao nível da aceitação sócio-política e comunidade dado serem importantes para a compreensão das aparentes contradições entre o apoio público para a inovação e a realização de projetos específicos, enquanto que, a aceitação de mercado tem vindo a receber menos atenção, o que oferece oportunidade para futuras pesquisas (Wüstenhagen, Wolsink & Bürer, 2007).

Ainda segundo Wüstenhagen *et al.*, (2007), o comportamento humano pode variar ao longo do desenvolvimento de um projeto, podendo tomar a forma de “U”, uma vez que, na fase inicial a aceitação é elevada e diminui durante a fase de planeamento e construção, voltando a aumentar e atingindo um nível perto do inicial pouco tempo após o início da fase de operação. Mas, tal como referido anteriormente, e de acordo com vários testes aos diversos materiais, ficou claro que tijolos feitos com as lamas têm vantagens a nível das suas propriedades, não causando qualquer risco para a comunidade, daí a possível aceitação social no final do processo.

Na indústria de construção importa ainda o teor em sílica presente nas cinzas das lamas depois da sua combustão, dado que podem ser incorporadas no fabrico de materiais de construção (Lin, Zhou, Li & Lin, 2012). Este processo traz consigo algumas vantagens, nomeadamente, a redução do custo do tratamento das lamas, limite de transferência de cinzas à terra e os problemas ambientais decorrentes da lixiviação dos seus constituintes mais solúveis. (Smol *et al.*, 2015).

#### **2.6.1.4. Incineração**

Outra opção para o destino final das lamas passa pela incineração das mesmas. O objetivo é a queima dos componentes orgânicos das lamas, de modo que os gases e cinzas resultantes sejam relativamente inertes. Este método consiste também na diminuição do teor de humidade das lamas por adição de calor através do qual é possível atingir um produto quase sólido com cerca de 75 % a 95 % de matéria seca, de textura geralmente granular, adequado a vários destinos. Este processo permite ainda higienizar e estabilizar as lamas, facilitando assim a sua valorização orgânica e/ou incineração (Tavares, 2014).

Este método constitui uma opção válida para a eliminação das lamas principalmente em casos específicos de grandes áreas urbanas, onde as distâncias para locais de deposição das lamas tornam o seu transporte muito dispendioso (Garrido-Baserba *et al.*, 2015; Andreoli *et al.*, 2007). Para além dos

custos associados, este processo gera também a perda de matéria orgânica e nutrientes, libertação de gases nocivos para a atmosfera, não esquecendo da quantidade de resíduos sólidos sobrantes (Foladori, Andreottola & Ziglio, 2010; Andreoli *et al.*, 2007).

Uma vez que o processo de incineração implica algum risco ambiental ao nível das emissões, foi objeto de regulamentação comunitária relativa à prevenção da poluição atmosférica proveniente das instalações de incineração. No entanto, nem mesmo depois da adoção de métodos mais eficazes ao nível da purificação dos gases provenientes da queima, que acabaram por aumentar os já elevados custos de operação, a incineração tem reunido aceitação por parte das populações (Florindo, 2009).

Tavares (2014), afirma que o processo de incineração é totalmente controlado no que se refere à libertação de agentes poluidores, uma vez que se conseguem obter reduções de cerca de 95 % em volume e peso sólido das lamas e a destruição de compostos tóxicos e patogénicos. Adicionalmente, a deposição das cinzas em aterro tem um impacto mínimo do ponto de vista de volume, dado ocupar um espaço reduzido, portanto alimenta a aproximação das metas definidas pela Diretiva de Aterros (Tavares, 2014).

Este processo de tratamento pode ser visto também como um auxiliar para outros processos, tais como a valorização orgânica, com uma logística de transporte muito otimizada, dada a redução substancial do volume (Tavares, 2014).

O facto de o aproveitamento energético gerado pela queima das lamas não ter uma gestão eficiente, é visto com uma desvantagem associada à incineração. Isto porque as lamas têm capacidade e potencial como matéria fertilizante, ou corretivo agrícola, direta ou indiretamente. E é dado como processo prioritário de valorização, quando as lamas podem ser valorizadas ao abrigo da hierarquia de resíduos, privilegiando a ausência de tratamento prévio, por representar um impacto económico e ambiental mais reduzido quando comparado com a incineração (Tavares, 2014).

## **2.7. Regulamentação**

Da legislação portuguesa sobre a reutilização e valorização de lamas na agricultura destaca-se o “*Decreto-Lei n.º 276/2009 de 2 de outubro: [que] estabelece o regime de utilização de lamas de depuração em solos agrícolas, transpondo para a ordem jurídica interna a Directiva do Conselho 86/278/CEE, de 12 de junho, de forma a evitar efeitos nocivos para o Homem, para a água e para os*

*solos, para a vegetação e para os animais, promovendo a sua correcta utilização.”* (Agência Portuguesa do Ambiente, 2017).

Quanto à questão dos aterros, as classes de resíduos e os critérios de aceitação dos mesmos, de referir o *“Decreto-Lei n.º 183/2009 de 10 de agosto que transpõe para a ordem jurídica interna a Directiva do Conselho 1999/31/CE relativa à deposição de resíduos em aterros.”* As metas estabelecidas nesta diretiva têm por objetivo diminuir a deposição de matéria orgânica e resíduos biodegradáveis em aterro.

Considerando que as lamas podem ser alvo de valorização, a sua deposição em aterro deve ser evitada. Os processos de incineração e co-incineração têm vindo a ser utilizados por alguns países do norte da Europa e, apesar de em Portugal ainda não ser uma prática muito adotada, alguma indústria cimenteira já se encontra preparada para este efeito, existindo também interesse por parte desta indústria em reduzir os combustíveis fósseis utilizados na sua atividade (Milieu Ltd, WRc & RPA, 2003).

Relacionado com o processo de incineração e co-incineração foi publicado o *“Decreto-lei n.º 127/2013, de 30 de agosto”* que estabelece o regime das emissões industriais para controlo de emissões poluentes, o *“Decreto-Lei n.º 85/2005 de 28 de abril”* que estabelece o regime legal da incineração de resíduos e o *“Decreto-Lei n.º 73/2011 de 17 de junho”* que clarifica conceitos chave que se relacionam com a prevenção da produção de resíduos e estimula a sua reutilização e reciclagem com vista a prolongar o seu uso na economia.

Alternativamente, a compostagem das lamas para a elaboração de matérias fertilizantes a serem utilizados na agricultura devem seguir o *“Decreto-Lei n.º 103/2015 de 15 de junho”* que estabelece as regras a que deve obedecer a colocação no mercado destas mesmas matérias.

Todos estes aspetos são relevantes na gestão das lamas de ETAR dado permitir a transferência de responsabilidade de gestão para entidades licenciadas o que introduz o conceito de “armazenamento preliminar”, possibilitando a transferência de lamas para outros locais para posteriores operações de tratamento. O *“Decreto-Lei n.º 178/2006 de 5 de setembro”* estabelece que as operações de armazenagem, triagem, tratamento, valorização e eliminação de resíduos estão sujeitas a licenciamento.

Quanto ao transporte dos resíduos temos a seguinte disposição legal: *“Portaria n.º 335/97 de 16 de maio”* que define as condições a que fica sujeito o transporte de resíduos (incluindo as lamas)

dentro do território nacional, obrigando-se a fazerem-se acompanhar de uma Guia por cada transporte realizado.

Não menos importante, e indiretamente relacionado com as lamas, é de considerar a seguinte legislação: *“Decreto-Lei n.º 152/97 de 19 de junho [que] transpõe para o direito interno a Diretiva n.º 91/271/CEE”, que estabelece as condições referentes à emissão de Licenças de utilização do meio hídrico e os critérios de qualidade dos efluentes. Esta análise tem por base a dimensão da população servida pela ETAR e a caracterização da zona de descarga de águas residuais urbanas no meio aquático.*



### 3. Metodologia de investigação

Neste capítulo é feita uma descrição pormenorizada da base de dados disponível, das variáveis que a constituem, bem como a metodologia de investigação a ser utilizada.

#### 3.1. Descrição das variáveis analisadas

As variáveis que compõem a base de dados estão descritas no “Guia de avaliação da qualidade dos serviços de águas e resíduos prestados aos utilizadores – 2ª geração do sistema de avaliação” (LNEC & ERSAR, 2013) e no “Guia de avaliação da qualidade dos serviços de águas e resíduos prestados aos utilizadores – 3ª geração do sistema de avaliação” (LNEC & ERSAR, 2018), partes dos quais se transcrevem.

**“Equivalente de população servido por instalações de tratamento”** - refere-se à quantidade de pessoas que são servidas pelas instalações de tratamento da responsabilidade da entidade gestora. Esta variável é estimada com base na carga de efluente que chega à instalação de tratamento e a definição de equivalente de população relativo aos concelhos limítrofes para onde vão as águas a serem tratadas.

**“Equivalente de população com tratamento satisfatório”** - refere-se ao somatório do equivalente de população que é servido pelas instalações de tratamento assegurando o cumprimento da licença de descarga.

**“Modelo de gestão”** - refere-se ao perfil da entidade gestora. A entidade pode ser uma “empresa pública de delegação estatal, concessão estatal, gestão direta municipal ou intermunicipal através de serviços municipais, associação de municípios, delegação municipal ou intermunicipal através de empresa municipal, intermunicipal metropolitana ou entidades empresariais locais, ou concessão municipal ou intermunicipal”.

Em mais detalhe temos os seguintes modelos de gestão, com as respetivas colaborações:

1. Modelo de concessão municipal em que o tipo de colaboração é uma parceria Público-privada, isto é, municípios e outras entidades privadas (ERSAR, 2016).
2. Modelo de delegação por empresa do setor empresarial local sem participação do Estado, ocorre quando existe a “eventual participação de vários municípios no capital social da entidade gestora, no caso de serviço municipal, podendo ocorrer participações minoritárias de capitais privados” (ERSAR, 2016).

3. Modelo de delegação por empresa constituída em parceria com o Estado, tal como o nome indica, refere-se à “participação do Estado e municípios no capital social da entidade gestora da parceria”, em questão (ERSAR, 2016).
4. Gestão direta tendo como entidade gestora, uma associação de municípios. Esta consiste numa “constituição de uma pessoa coletiva de direito público integrado em vários municípios” (ERSAR, 2016).
5. Gestão direta com serviços municipalizados ou intermunicipalizados, existe uma colaboração entre dois ou mais municípios (ERSAR, 2016).

“A gestão direta dos sistemas de titularidade municipal pode ser realizada através dos respetivos serviços municipais, municipalizados ou intermunicipalizados, os quais se regem pelo regime jurídico de funcionamento dos órgãos dos municípios e das freguesias. A diferença entre os serviços municipais e municipalizados consiste no grau de autonomia administrativa e financeira, [sendo maior no segundo caso, uma vez que], existe orçamento próprio, embora em ambos os casos se trate de serviços integrados no município, cujas tarifas são fixadas pelos respetivos órgãos” (ERSAR, 2016).

**“Água residual recolhida”** - representa o volume anual em  $m^3$  das águas geradas na área de intervenção da entidade gestora e que são tratadas em instalações sob a responsabilidade de outras entidades.

**“Água residual tratada em estações de tratamento”** - representa o volume anual em  $m^3$  das águas tratadas em estações de tratamento de águas residuais.

**“Lamas líquidas ou espessadas entregues em ETAR de outra entidade gestora para tratamento”** - representa o “peso total das lamas líquidas ou espessadas entregues em instalações de tratamento de águas residuais de outra entidade gestora para o tratamento”

**“Lamas desidratadas entregues a operador licenciado”** - representa o peso total em t/ano das lamas desidratadas escoadas das instalações de tratamento e entregues a operador licenciado.

**“Lamas líquidas ou espessadas escoadas das instalações de tratamento”** - representa o peso total em t/ano das lamas líquidas ou espessadas escoadas das instalações de tratamento do sistema.

**“Lamas desidratadas escoadas das instalações de tratamento”** - representa o peso total em t/ano das lamas desidratadas escoadas das instalações de tratamento do sistema.

**“Encargo médio com o serviço de saneamento de águas residuais”** - representa os encargos anuais em euros suportados por agregado familiar pelo serviço de saneamento de águas residuais relativo ao consumo de  $120\text{ m}^3$  de água na área de intervenção do sistema. Para este cálculo não são tidos em conta os valores destinados ao serviço de saneamento de águas residuais, que dependam do valor patrimonial ou área de habitação.

**“Rendimento médio disponível familiar”** - representa o rendimento médio disponível por agregado familiar na área de intervenção do sistema.

**“Produção própria de energia”** - é a percentagem de energia produzida internamente pela entidade gestora nas instalações afetas ao serviço de abastecimento de água através dos processos de valorização energética (tais como cogeração ou utilização de painéis de energia solar) e a energia consumida.

### 3.2. Descrição da base de dados

Para o cumprimento dos objetivos desta dissertação, recorreu-se a dados fornecidos pela Entidade Reguladora dos Serviços de Água e Resíduos (ERSAR). A base de dados usada dispõe de informações sobre as características das entidades operadoras licenciadas, que inclui um conjunto de informações, como por exemplo: a caracterização das entidades, o tipo de sistema adotado, o modelo de gestão empregue, o pessoal afeto ao serviço de saneamento de águas residuais, a quantidade de alojamentos servidos, a identificação das certificações dos sistemas a nível da gestão ambiental, da gestão de qualidade, da gestão de segurança e saúde no trabalho, da gestão de ativos, e das certificações energéticas, entre outras. Inclui também os volumes de águas residuais importados, exportados, tratados, e faturados por operador (ETAR), bem como, quantitativos de lamas líquidas, espessadas ou desidratadas entregues em ETAR de outra entidade gestora ou as escoadas das próprias instalações de tratamento. Para além destas variáveis, esta mesma base de dados inclui valores relativos ao encargo médio para as famílias com o serviço de saneamento das águas residuais, assim como, os rendimentos médios familiares disponíveis.

Para descrever em pormenor esta base de dados, as diferentes variáveis disponíveis foram organizadas por grupos. A Tabela 1, descreve o número de entidades para cada grupo criado. Do total

de 266 entidades aptas para o tratamento das águas residuais, 9 operam nos sistemas em alta, e as restantes 257 operam sistemas em baixa.

O sistema em alta é composto pelas infraestruturas destinadas fundamentalmente à captação, ao tratamento e à adução de água para abastecimento público, com a exceção da distribuição, sob exploração e gestão de uma entidade gestora (LNEC & ERSAR, 2013, 2018).

O sistema em baixa inclui principalmente as infraestruturas destinadas à distribuição “pelos consumidores finais de água para abastecimento público, importada ou não de um sistema em alta, sob exploração de uma entidade gestora.” No entanto, este sistema pode possivelmente incluir algumas infraestruturas de captação, tratamento e adução (LNEC & ERSAR, 2013, 2018). Daí, considerarmos mais interessante, olhar para estas entidades que operam em baixa.

Das 257 entidades em baixa, 49 não se encontram ligadas a qualquer sistema em alta, e neste caso, partimos do pressuposto de que as referidas entidades têm as infraestruturas de captação, tratamento e/ou adução.

Quanto ao modelo de gestão adotado pelas 257 entidades gestoras, sabemos que 23 das mesmas optaram pelo modelo de concessão municipal, outras 23 optaram pelo modelo de delegação, por serem empresas municipais ou intermunicipais. Apenas 2 das 257 têm como perfil da entidade, a delegação por parceria com o Estado ou municípios. Em maior número, 191, são de gestão direta dado o seu serviço municipal. Por fim 18, também de gestão direta, mas, de serviço municipalizado ou intermunicipalizado.

Quanto à tipologia da área de intervenção, 58 das entidades gestoras pertence a áreas mediantemente urbanas e 21 a áreas predominantemente urbanas. Sendo que a maioria das entidades, 178, estão localizadas em áreas predominantemente rurais.

Para concluir a análise desta primeira tabela, apresentam-se as diferentes entidades que operam nos sistemas em baixa pelas 3 NUTs. Na NUT Alentejo e Algarve operam 73 entidades, na NUT Centro e Lisboa, 107 e na NUT Norte 77 entidades.

**Tabela 1** - Número de observações para cada grupo de variáveis

| Variáveis                                                            | Nº observações |
|----------------------------------------------------------------------|----------------|
| <b>Utilizador do Sistema</b>                                         | 266            |
| <i>Entidades em alta</i>                                             | 9              |
| <i>Entidade em baixa</i>                                             | 257            |
| <i>Entidade em baixa ligado em alta</i>                              | 208            |
| <i>Entidade em baixa não ligado em alta</i>                          | 49             |
| <b>Modelo de gestão</b>                                              | 257            |
| <i>Concessão (concessão municipal)</i>                               | 23             |
| <i>Delegação (empresa municipal ou intermunicipal)</i>               | 23             |
| <i>Delegação (parceria Estado /municípios)</i>                       | 2              |
| <i>Gestão direta (serviço municipal)</i>                             | 191            |
| <i>Gestão direta (serviço municipalizado ou intermunicipalizado)</i> | 18             |
| <b>Tipologia de área de intervenção</b>                              | 257            |
| <i>Área mediantemente urbana</i>                                     | 58             |
| <i>Área predominantemente rural</i>                                  | 178            |
| <i>Área predominantemente urbana</i>                                 | 21             |
| <b>NUTs</b>                                                          | 257            |
| <i>Alentejo e Algarve</i>                                            | 73             |
| <i>Centro e Lisboa</i>                                               | 107            |
| <i>Norte</i>                                                         | 77             |

**Fonte:** Elaboração própria com dados fornecidos pela ERSAR

A Tabela 2 inclui um conjunto de variáveis caraterizadoras das entidades agrupadas pelas seguintes categorias: pessoal afeto ao serviço de saneamento de águas residuais, alojamentos servidos, descargas de emergência feitas pelas entidades para o meio recetor no caso da falta de capacidade para tratamento das águas e o equivalente de população servido por cada instalação de tratamento incluída na análise. O número médio de trabalhadores por entidade é de 16 trabalhadores afetos ao serviço de saneamento de águas residuais (dar10b) e 2 trabalhadores em *outsourcing* (dar11b).

**Tabela 2 - Caracterização das entidades<sup>1</sup>**

| <b>Categoria</b>               | <b>Variáveis</b> | <b>Mediana</b> | <b>Média</b> | <b>Desvio padrão</b> | <b>Max.</b> | <b>Min.</b> | <b>N</b> |
|--------------------------------|------------------|----------------|--------------|----------------------|-------------|-------------|----------|
| <i>Pessoal ao serviço</i>      | <i>dAR10b</i>    | 6,88           | 16,89        | 31,15                | 259,92      | 0,76        | 255      |
|                                | <i>dAR11b</i>    | 0,27           | 2,09         | 4,79                 | 29,04       | 0           | 255      |
| <i>Alojamentos servidos</i>    | <i>dAR12b</i>    | 5631           | 16198,98     | 31949,9              | 322813      | 886         | 256      |
|                                | <i>dAR13b</i>    | 717            | 2100,88      | 3750,45              | 32672       | 0           | 250      |
|                                | <i>dAR14b</i>    | 44,5           | 158,94       | 303,41               | 2078        | 0           | 246      |
|                                | <i>dAR15b</i>    | 0              | 38,73        | 162,67               | 1634        | 0           | 244      |
|                                | <i>dAR16b</i>    | 60             | 197,44       | 409,23               | 3014        | 0           | 245      |
|                                | <i>dAR17b</i>    | 0              | 159,26       | 985,19               | 14616       | 0           | 254      |
|                                | <i>dAR18b</i>    | 8989           | 21871,17     | 35541,74             | 322865      | 1287        | 257      |
| <i>Descargas de emergência</i> | <i>dAR37b</i>    | 0              | 5            | 10,61                | 85          | 0           | 253      |
|                                | <i>dAR38b</i>    | 2              | 6,991        | 11,49                | 85          | 0           | 111      |
|                                | <i>dAR39b</i>    | 0              | 0,25         | 0,88                 | 5           | 0           | 113      |
| <i>População servida</i>       | <i>dAR35b</i>    | 4851           | 29399,82     | 78842,68             | 490890      | 0           | 174      |
|                                | <i>dAR48b</i>    | 769            | 18238,86     | 49309,17             | 323933      | 0           | 106      |
|                                | <i>dAR49b</i>    | 1197           | 19412,21     | 50903,45             | 323933      | 0           | 107      |

**Fonte:** Elaboração própria com dados fornecidos pela ERSAR

Relativamente ao número de alojamentos servidos, as entidades servem em média 16198 alojamentos com um serviço efetivo na área de intervenção da entidade gestora do sistema (dar12b); e em média 2100 alojamentos com serviço disponível não efetivo<sup>2</sup> (dar13b). Entre os outros indicadores de alojamento, temos uma média de 21871 alojamentos existentes por entidade (dar18b).

<sup>1</sup> Consultar a descrição dos códigos das variáveis presentes em anexo

<sup>2</sup> O número de alojamentos com serviço efetivo não disponível representa o "número de alojamentos localizados na área de intervenção da entidade gestora que não se encontram ligados à rede pública, mas para os quais as infraestruturas do serviço de recolha e drenagem se encontram disponíveis" (LNEC & ERSAR, 2018).

Quanto aos descarregadores de emergência (dar37b)<sup>3</sup>, segundo a Tabela 2, representam nas estações elevatórias uma “capacidade instalada igual ou superior a  $72 \text{ m}^3/\text{h}$  e em instalações de tratamento dimensionadas para uma população equivalente igual ou superior a 10 000 e.p.” (LNEC & ERSAR, 2018).

Para terminar a análise da Tabela 2, e analisando o equivalente de população com tratamento considerado satisfatório (dar48b), que é em média de 18238 pessoas, pelas 106 instalações de tratamento incluídas na análise, sendo que o equivalente de população servido por cada uma das 107 instalações de tratamento incluídas nesta análise (dar49b), é em média de 19412 pessoas.

A Tabela 3 apresenta estatísticas descritivas de variáveis caracterizadoras do funcionamento das entidades. Neste âmbito, a ERSAR recolhe informação sobre a sobreutilização (dar31b), subutilização (dar32b), utilização adequada (dar33b) e a capacidade das mesmas (dar34b). Pode concluir-se que em média a capacidade de tratamento instalada (dar31b) correspondente a  $753587 \text{ m}^3$  nos dias em que os volumes diários de tratamento ultrapassam os 95% de capacidade. Enquanto,  $3.242.421 \text{ m}^3$  é a capacidade média de tratamento instalada (dar32b), correspondente aos dias em que os volumes diários de água residual são inferiores a  $(70/S)\%$  da capacidade de tratamento, em que S é uma fator de correção por sazonalidade. A capacidade total instalada para as 36 observações corresponde em média a  $5.748.831 \text{ m}^3$ .

Relativamente ao indicador das águas residuais, regista-se uma média de  $2.724.769 \text{ m}^3/\text{ano}$  de água residual recolhida pelas 249 estação de tratamento incluídas na análise (dar50b), sendo a média para as águas residuais tratadas em 164 estações de tratamento (dar53b) de  $1.111.299 \text{ m}^3/\text{ano}$ , ao que corresponde uma média de 39,7% das águas residuais recolhidas que são tratadas (considerando as entidades que reportaram valores para ambas as variáveis, i.e., 162). Ainda sobre esta categoria de variáveis, a quantidade média de águas residuais tratadas e utilizadas para uso próprio das 177 estações (dar56b) é de  $6.887 \text{ m}^3/\text{ano}$ , indicando o caráter marginal da implementação do conceito de circularidade no setor.

---

<sup>3</sup> Os descarregadores de emergência são entendidos como um “dispositivo hidráulico concebido para desviar caudais excedentários e limitar a afluência ao caudal máximo de dimensionamento, protegendo o funcionamento da infraestrutura a jusante” (LNEC & ERSAR, 2018).

**Tabela 3 - Caracterização do funcionamento das entidades<sup>4</sup>**

| <b>Categoria</b>                             | <b>Variáveis</b> | <b>Mediana</b> | <b>Média</b> | <b>Desvio padrão</b> | <b>Max.</b> | <b>Min.</b> | <b>N</b> |
|----------------------------------------------|------------------|----------------|--------------|----------------------|-------------|-------------|----------|
| <i>Utilização das estações de tratamento</i> | <i>dAR31b</i>    | 67500          | 753587,4     | 1398127              | 5751840     | 0           | 31       |
|                                              | <i>dAR32b</i>    | 459900         | 3242421      | 628748               | 2,7e+07     | 0           | 31       |
|                                              | <i>dAR33b</i>    | 174581         | 2347681      | 5230667              | 2,7e+07     | 0           | 34       |
|                                              | <i>dAR34b</i>    | 2361207        | 5748831      | 8682263              | 3,29e+07    | 0           | 36       |
| <i>Águas Residuais</i>                       | <i>dAR50b</i>    | 796551         | 2724769      | 6232757              | 6,86e+07    | 56040       | 249      |
|                                              | <i>dAR51b</i>    | 397085         | 1802731      | 5747114              | 6,86e+07    | 0           | 251      |
|                                              | <i>dAR52b</i>    | 0              | 36944,28     | 279083,7             | 2923678     | 0           | 237      |
|                                              | <i>dAR53b</i>    | 96907          | 1111299      | 3040083              | 2,12e+07    | 0           | 164      |
|                                              | <i>dAR54b</i>    | 525966         | 1821161      | 4350763              | 5,25e+07    | 0           | 256      |
|                                              | <i>dAR55b</i>    | 0              | 4,55         | 59,29                | 773         | 0           | 170      |
|                                              | <i>dAR56b</i>    | 0              | 6887,77      | 38152,88             | 333333      | 0           | 177      |
|                                              | <i>dAR57b</i>    | 0              | 2991,57      | 44652,8              | 694331      | 0           | 242      |
| <i>Energia</i>                               | <i>dAR59b</i>    | 0              | 9316,02      | 108720,1             | 1589005     | 0           | 224      |
|                                              | <i>dAR60b</i>    | 66803,7        | 481245,8     | 1463740              | 1,60e+07    | 0           | 220      |
|                                              | <i>dAR61b</i>    | 31963,5        | 199709       | 635097,6             | 5333638     | 0           | 100      |
| <i>Lamas</i>                                 | <i>dAR63b</i>    | 0              | 250,87       | 1273,33              | 10299       | 0           | 96       |
|                                              | <i>dAR64b</i>    | 7,45           | 1189,70      | 3205,45              | 20476       | 0           | 96       |
|                                              | <i>dAR65b</i>    | 0              | 170,06       | 1018,11              | 10299       | 0           | 160      |
|                                              | <i>dAR66b</i>    | 0              | 725,26       | 2552,11              | 20476       | 0           | 159      |

**Fonte:** Elaboração própria com dados fornecidos pela ERSAR

Para finalizar a análise desta Tabela 3, considera-se ainda a categoria das lamas, nas quais se incluem as lamas líquidas ou espessadas entregues em ETAR de outra entidade gestora para tratamento (dar63b), as lamas desidratadas entregues a operador licenciado (dar64b), as lamas líquidas ou espessadas escoadas das instalações de tratamento (dar65b), lamas desidratadas escoadas

<sup>4</sup> Consultar a descrição dos códigos das variáveis presentes em anexo

das instalações de tratamento (dar66b) e as respetivas médias. Analisando em pormenor, em média 1.189 t/ano de lamas são entregues a operadores licenciados (dar64b) (96 observações). Este método de entrega de lamas para operadores licenciados é considerado uma forma de encaminhamento adequado para as mesmas. Por outro lado, em média são escoadas das 160 instalações de tratamento 895 t/ano de lamas.

Uma outra categoria de variáveis presentes na Tabela 3 são as relacionadas com a energia. A quantidade de energia produzida internamente pelas 224 entidades gestoras (dar59b)<sup>5</sup> corresponde em média a 9.316 kWh/ano. Dado que se analisa a quantidade de energia produzida, considera-se relevante examinar a quantidade de energia consumida para a operação do sistema de águas residuais (dar60b), que corresponde em média a 48.1245,8 kWh/ano, para as 220 observações presentes na Tabela 3.

**Tabela 4** - Variáveis de satisfação de "qualidade"<sup>6</sup>

| <b>Categoria</b>               | <b>Variáveis</b> | <b>Mediana</b> | <b>Média</b> | <b>Desvio padrão</b> | <b>Max.</b> | <b>Min.</b> | <b>N</b> |
|--------------------------------|------------------|----------------|--------------|----------------------|-------------|-------------|----------|
| <i>Reclamações e sugestões</i> | <i>dAR67b</i>    | 5              | 63,86        | 193,012              | 1385        | 0           | 254      |
|                                | <i>dAR68b</i>    | 11             | 81,35        | 209,58               | 1352        | 0           | 175      |
| <i>Certificações</i>           | <i>dAR69b</i>    | 1              | 1,11         | 0,31                 | 2           | 1           | 257      |
|                                | <i>dAR70b</i>    | 1              | 1,24         | 0,43                 | 2           | 1           | 257      |
|                                | <i>dAR71b</i>    | 1              | 1,09         | 0,29                 | 2           | 1           | 257      |
|                                | <i>dAR72b</i>    | 1              | 1,01         | 0,09                 | 2           | 1           | 257      |
|                                | <i>dAR74b</i>    | 1              | 1,04         | 0,18                 | 2           | 1           | 257      |
| <i>Planos</i>                  | <i>dAR75b</i>    | 1              | 1,04         | 0,19                 | 2           | 1           | 257      |
|                                | <i>dAR76b</i>    | 1              | 1,01         | 0,09                 | 2           | 1           | 257      |
|                                | <i>dAR77b</i>    | 1              | 1,02         | 0,14                 | 2           | 1           | 257      |
|                                | <i>dAR78b</i>    | 1              | 1            | 0                    | 1           | 1           | 257      |

**Fonte:** Elaboração própria com dados fornecidos pela ERSAR

<sup>5</sup> Para a quantidade de energia produzida internamente, devem ser considerados os "processos de valorização energética, por exemplo, através de cogeração, da utilização de painéis de energia solar ou de outros processos" (LNEC & ERSAR, 2018)

<sup>6</sup> Consultar a descrição dos códigos das variáveis presentes em anexo

De seguida, analisam-se as variáveis caracterizadoras da qualidade e da satisfação do serviço prestado pelas entidades. Nesse sentido, analisa-se o número de certificações por ETAR, uma vez que, assim seria possível indiretamente estimar as suas preocupações a nível ambiental, de qualidade, segurança e a nível energético (Tabela 4). Relativamente à existência de planos de contingência (dar76b)<sup>7</sup> e de eficiência energética (dar77b)<sup>8</sup>, conclui-se que todas as estações de tratamento com sistema em baixa têm em média pelo menos 1 plano de cada vertente abordada anteriormente.

A Tabela 5, reporta informação relativa a variáveis económicas. Em média, o rendimento operacional foi de 1.902.826 €/ano (dar79b)<sup>9</sup>; os outros rendimentos (dar80b), financeiros e extraordinários ligados à prestação do serviço de saneamento, foram em média 203.289 €/ano; “subsídios ao investimento inerente à prestação do serviço de saneamento de águas residuais” são em média 125.486,4 €/ano para as 242 entidades incluídas na análise (LNEC & ERSAR, 2018). Ao nível dos gastos, para as ETARs e para famílias é em média 2.465.796 €/ano e 74 €/ano, respetivamente, para as 242 e 257 observações.

**Tabela 5 - Variáveis económicas<sup>10</sup>**

| <b>Categoria</b>  | <b>Variáveis</b> | <b>Mediana</b> | <b>Média</b> | <b>Desvio padrão</b> | <b>Max.</b> | <b>Min.</b> | <b>N</b> |
|-------------------|------------------|----------------|--------------|----------------------|-------------|-------------|----------|
| <i>Rendimento</i> | <i>dar79b</i>    | 322569         | 1902826      | 4567853              | 4,52e+07    | 0           | 242      |
|                   | <i>dar80b</i>    | 10972,5        | 203289,3     | 661937,3             | 6221835     | 0           | 242      |
| <i>Subsídios</i>  | <i>dar81b</i>    | 19118,5        | 125486,4     | 310966,5             | 2550599     | 0           | 242      |
| <i>Gastos</i>     | <i>dar82b</i>    | 732222,5       | 2465796      | 4833285              | 4,46e+07    | 89030       | 242      |
|                   | <i>dar83b</i>    | 69             | 74,26016     | 39,98                | 252,48      | 0           | 257      |

**Fonte:** Elaboração própria com dados fornecidos pela ERSAR

<sup>7</sup> O plano de contingência consiste num “documento de gestão que reúne um conjunto de procedimentos com autonomia própria para dar resposta a situações de emergência motivados por desastres naturais (sismos, inundações, condições meteorológicas extremas, etc.), ações humanas (sabotagem, vandalismo, roubo, etc.), ou incidentes inesperados (incêndio, falha no fornecimento de energia elétrica, etc.)” (LNEC & ERSAR, 2018).

<sup>8</sup> O plano de eficiência energética tem por objetivo reduzir o consumo de energia da entidade gestora, tendo por base o uso racional da energia, através de ações corretivas de desperdício energético e a utilização de equipamentos mais eficientes (LNEC & ERSAR, 2018).

<sup>9</sup> Rendimentos tarifários que correspondem aos “rendimentos operacionais resultantes da aplicação de tarifas fixas, variáveis e serviços auxiliares, pela prestação do serviço de abastecimento” (LNEC & ERSAR, 2018).

<sup>10</sup> Consultar a descrição dos códigos das variáveis presentes em anexo

### 3.3. Descrição da metodologia utilizada

A investigação no âmbito da economia circular é ainda relativamente recente, especialmente no âmbito das lamas de ETAR, pelo que o estudo proposto é exploratório quer em termos de dados quer de metodologia. Assim, uma parte significativa do trabalho a realizar será a agregação e compatibilização de dados de variada natureza e a extrapolação dos valores em falta através de adequadas técnicas estatísticas.

A dissertação proposta tem duas vertentes: por um lado analisar o potencial de mercado das lamas biológicas, dado que, existem apenas casos pontuais de valorização. Esta análise será realizada através do cruzamento de informações das quantidades de lamas geradas, o seu potencial de valorização e as condições associadas à procura potencial da mesma. Por outro, pretende-se fazer uma caracterização do setor das águas residuais, através da análise de diferenças existentes nas diversas regiões, tipologia de área de intervenção e modelo de gestão.

Com base nos dados disponíveis, constroem-se indicadores de desempenho associados à eficiência de tratamento de águas residuais, à eficiência de gestão das lamas, à acessibilidade economia do serviço, ao uso da água, à densidade populacional, à produção de energia, e à existência de certificações, que serão explicadas em detalhe no ponto seguinte. Sendo possível desta forma, a inclusão do maior número de variáveis, na análise comparativa e caracterizadora do setor ao nível dos 3 grupos, NUTs, tipologia de área de intervenção e modelo de gestão.

O objetivo da análise destes indicadores e variáveis, por grupos, é de identificar as principais diferenças relativas e absolutas, através da construção de gráficos-radar, da realização de testes estatísticos e da estimação de modelo de regressão com intuito de estimar a previsão de produção de energia pelas instalações de tratamento. É através deste mesmo modelo de regressão que se pretende também avaliar a implementação da economia circular pelas instalações afetas ao serviço de saneamento de águas residuais.

Posto isto, foram efetuados testes estatísticos às variáveis que nos parecessem mais relacionadas com o processo produtivo e associadas ao tema em estudo. Desta análise resultou a seleção e criação de um novo indicador, representando o total de lamas escoadas das instalações de tratamento, que é dado pela consideração da concentração média de matéria seca (3%) das lamas

líquidas ou espessadas escoadas das instalações de tratamento e das lamas desidratadas escoadas das instalações de tratamento (18%), que é dado pela seguinte expressão:

$$Total\ de\ lamas = 0,03 \times dar65b + 0,18 \times dar66b$$

Depois de calculado o indicador, procedemos então ao modelo de regressão linear simples dado por:

$$\ln Y_i = \beta_1 \ln X_i + \varepsilon_i, \text{ para } i=1, \dots, n$$

Neste modelo, a variável dependente ( $Y_i$ ) é a produção de energia, o  $X_i$ , variável independente, representa o valor das quantidades totais de lamas escoadas das estações de tratamento, o  $\varepsilon_i$  representa o erro, com média 0 e variância  $\sigma^2$ . Os  $\beta$  são os parâmetros do modelo que serão estimados, sendo que  $\beta_1$  define a inclinação da nossa reta de regressão,  $i$  representa a entidade,  $n$  é a dimensão da amostra.

A hipótese de existência de uma relação entre  $X$  e  $Y$  pode ser formulada pela especificação de uma hipótese nula e correspondente alternativa:

$$H_0 = \beta_1 = 0 \qquad H_1 = \beta_1 \neq 0$$

Para testar a hipótese nula, utiliza-se um teste  $t$ .

Relativamente aos gráficos radar, estes apresentam eixos equidistantes num mesmo centro, de modo a que todos eles tenham o mesmo ângulo. Dos gráficos radar, surgem polígonos, cujos vértices correspondem aos valores dos indicadores criados e as retas a serem traçadas correspondem às variáveis seleccionadas pelos três grupos, ou seja, para o caso das regiões, teremos três retas, que correspondem às NUT Norte, NUT Centro e Lisboa e por fim NUT Algarve e Alentejo. Para o caso da variável tipologia da área de intervenção teremos também três retas, sendo área mediantemente urbana, e predominantemente rural e urbana. No entanto, para a variável modelo de gestão, foram considerados cinco modelos: Concessão (concessão municipal); Delegação (empresa municipal ou intermunicipal); Delegação (parceria Estado/municípios); Gestão direta (serviço municipal); Gestão direta (serviço municipalizado ou intermunicipalizado).

### 3.4. Proposta de indicadores de desempenho

Tal como referido anteriormente, com base nas variáveis disponíveis, são propostos sete indicadores de desempenho para proceder a uma análise mais completa por grupos, ou seja, por agrupamento de NUTs (Norte, Centro e Lisboa, Algarve e Alentejo), por tipologia de área de intervenção (área mediantemente urbana, predominantemente rural e predominantemente urbana) e por fim, modelo de gestão (concessão, delegação e gestão direta) e dessa forma irá denotar-se as principais diferenças entre elas. Os indicadores propostos são os seguintes:

1. Indicador de eficiência de tratamento de águas residuais ( $I_{ta}$ ), que representa a fração entre o volume das águas residuais tratadas e das águas residuais recolhidas em (%) (LNEC & ERSAR, 2013);
2. Indicador de eficiência de gestão das lamas ( $I_{gl}$ ). Este indicador traduz o encaminhamento adequado de lamas resultantes do tratamento, dado pela percentagem de lamas de fossas sépticas e de ETAR encaminhadas de forma adequada para tratamento em ETAR de outra entidade gestora ou entregues a operador licenciado. Este indicador destina-se a avaliar o nível de sustentabilidade ambiental do serviço em termos da eficiência na prevenção da poluição, no que respeita ao destino final dado às lamas resultantes do tratamento das águas residuais, enquanto potencial fonte de contaminação dos recursos naturais (LNEC & ERSAR, 2013, 2018).

Considera-se que o destino adequado de lamas, representa a parte enviada para valorização ou eliminação (em aterro), nos termos previstos na legislação aplicável, e ainda a transferência para outras instalações de tratamento não pertencentes a sistemas geridos pela entidade (LNEC & ERSAR, 2013).

3. Indicador de acessibilidade económica do serviço por parte das famílias ( $I_{ae}$ ). Neste incluem-se as variáveis económicas, nomeadamente o encargo médio das AR e o rendimento médio familiar disponível. Este indicador destina-se a avaliar o nível de adequação da interface com o utilizador em termos de acessibilidade do serviço no que respeita à capacidade económica das famílias para suportar o serviço prestado pela entidade gestora. Para a construção deste

indicador foi considerada a divisão das duas variáveis indicadas e multiplicamos por 100, dando assim o nível de acessibilidade em percentagem por cada 100 unidades monetárias. De acordo com a ficha técnica da LNEC & ERSAR de 2013, este indicador pode ter valores compreendidos entre:

|                                        |              |
|----------------------------------------|--------------|
| Valores de referência para sistemas em | baixa        |
| Qualidade do serviço boa               | [0; 0,50]    |
| Qualidade do serviço mediana           | ]0,50; 1,00] |
| Qualidade do serviço insatisfatória    | ]1,00; +∞[   |

4. Indicador de uso da água ( $I_{ua}$ ), representa a quantidade de águas residuais tratadas, em  $m^3$ , pelo equivalente de população servido por ETAR (LNEC & ERSAR, 2013);
5. Indicador da produção de energia ( $I_{pe}$ ), representa a fração de entidades que produzem energia internamente em kWh/ano. Este indicador inclui a produção de energia através de processos de valorização energética, através de cogeração, da utilização de painéis solares e outros processos (LNEC & ERSAR, 2013);
6. Indicador de certificação ( $I_{ct}$ ), representa a fração do total de certificações por instalação de tratamento pelo total de certificações possíveis. Desta fazem parte as seguintes: “Certificações de sistemas de gestão ambiental”, “Certificações de sistemas de gestão de qualidade”, “Certificações de sistemas de gestão de segurança e saúde no trabalho”, “Certificação energética”, “Certificação de gestão de ativos”, “Outras certificações” (LNEC & ERSAR, 2013);
7. Indicador da densidade populacional ( $I_{dp}$ ), que é dado pela divisão do equivalente de população servido pela área em  $km^2$  do território nacional a considerar no momento de comparação. Este indicador será somente analisado quando a segmentação é feita por NUTs, uma vez que, apenas temos a informação da área geográfica para esta categoria.

## 4. Análise de Dados e Discussão de Resultados

### 4.1. Método de análise comparativa

O método de análise comparada passa pela construção dos indicadores referidos anteriormente, e que se dividem nas seguintes categorias: águas residuais, lamas, variáveis económicas e população. A Tabela 6 apresenta os resultados dos diferentes indicadores construídos especificamente no âmbito da presente dissertação. Com base nestes resultados foram construídos gráficos radar, para uma análise agregada dos resultados, a nível regional.

**Tabela 6** - Indicadores das diferentes NUTs

|                                                  |                                                       | <b>Média</b> | <b>Mediana</b> | <b>N</b> |
|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------|----------------|----------|
| <b><i>NUT Algarve<br/>e<br/>NUT Alentejo</i></b> | Eficiência de Tratamento (%)                          | 0,31         | 0,13           | 37       |
|                                                  | Eficiência de gestão das lamas (%)                    | 0,82         | 1              | 15       |
|                                                  | Acessibilidade económica do serviço (%)               | 0,28         | 0,28           | 73       |
|                                                  | Densidade populacional (Hab. Eq./km <sup>2</sup> )    | 6,89         | -              | -        |
|                                                  | Uso da água (m <sup>3</sup> /Hab. Eq. <sup>11</sup> ) | 166,41       | 73,36          | 20       |
|                                                  | Entidades com produção de energia (%)                 | 0,12         | 0              | 73       |
|                                                  | Certificações (%)                                     | 0,066        | 0              | 73       |
| <b><i>NUT Centro<br/>e<br/>NUT Lisboa</i></b>    | Eficiência de Tratamento (%)                          | 0,47         | 0,17           | 70       |
|                                                  | Eficiência de gestão das lamas (%)                    | 0,92         | 1              | 38       |
|                                                  | Acessibilidade económica do serviço (%)               | 0,29         | 0,28           | 107      |
|                                                  | Densidade populacional (Hab. Eq./km <sup>2</sup> )    | 32,39        | -              | -        |
|                                                  | Uso da água (m <sup>3</sup> /Hab. Eq.)                | 980,78       | 79,02          | 48       |
|                                                  | Entidades com produção de energia (%)                 | 0,21         | 0              | 107      |
|                                                  | Certificações (%)                                     | 0,069        | 0              | 107      |
| <b><i>NUT Norte</i></b>                          | Eficiência de Tratamento (%)                          | 0,36         | 0,13           | 55       |
|                                                  | Eficiência de gestão das lamas (%)                    | 0,97         | 1              | 30       |
|                                                  | Acessibilidade económica do serviço (%)               | 0,27         | 0,27           | 77       |
|                                                  | Densidade populacional (Hab. Eq./km <sup>2</sup> )    | 81,76        | -              | -        |
|                                                  | Uso da água (m <sup>3</sup> /Hab. Eq.)                | 119,39       | 67,49          | 31       |
|                                                  | Entidades com produção de energia (%)                 | 0,16         | 0              | 77       |
|                                                  | Certificações (%)                                     | 0,08         | 0              | 77       |

**Fonte:** Elaboração da própria autora com dados da ERSAR

<sup>11</sup> Hab. Eq. é o mesmo que habitante equivalente

Relativamente à NUT Algarve e NUT Alentejo, o indicador com melhor desempenho está associado à eficiência de gestão das lamas, dado apresentar um valor elevado e igual a 82,2%. Este valor representa a percentagem de lamas de fossas sépticas coletivas e de ETAR encaminhadas para tratamento em ETAR de outra entidade gestora ou entregues a operador licenciado, sendo este considerado o destino adequado dado às lamas (LNEC & ERSAR, 2018).

A quantidade de lamas produzidas é na maior parte dos casos superior à quantidade de lamas com destino adequado. No entanto, na melhor das hipóteses o que pode vir a acontecer é que as duas variáveis referidas, quantidade de lamas produzidas e quantidade de lamas com destino adequado, tomem o mesmo valor o que representa a totalidade de aproveitamento e encaminhamento de todas as lamas produzidas para um destino de valorização ou eliminação. Todavia, pode acontecer que a quantidade de lamas com destino adequado seja superior à quantidade de lamas produzidas, isto quando são tidas em conta as lamas que estão armazenadas à espera de serem valorizadas no período  $t+1$ .

Ainda sobre o mesmo indicador, mas a nível da NUT Centro e Lisboa, a percentagem de lamas entregues a operador licenciado e as escoadas das instalações é de 92,1%. E a nível da NUT Norte, como podemos observar pelo gráfico radar é a região com a percentagem mais elevada quanto a este indicador, com um valor quase máximo de 96,6%. Para concluir a análise deste indicador a nível das NUTs, podemos afirmar que com um aumento da quantidade de lamas líquidas ou espessadas entregues em ETAR de outra entidade gestora e um aumento das lamas desidratadas entregues a um operador licenciado faz aumentar o indicador de eficiência de gestão das lamas. No entanto um aumento das lamas escoadas das instalações das instalações de tratamento faz diminuir o valor do indicador de eficiência de tratamento.

O próximo indicador, mas com uma percentagem menor, trata-se da acessibilidade económica ao serviço por parte do agregado familiar. Neste caso, a nível da NUT Algarve e Alentejo a acessibilidade económica ao serviço é de 0,28 %, isto é, por cada 100 euros de rendimento disponível, o nível de encargos do agregado é de 0,28 euros. Pela observação do gráfico radar 1 pode concluir-se que o nível de acessibilidade económica é inferior na NUT Norte com um valor de 0,27%, seguindo-se a NUT Algarve e Alentejo com 0,28% e por fim a NUT Centro e Lisboa com 0,29% de acessibilidade económica.

De acordo com os valores de referência para os sistemas em baixa, que correspondem ao conjunto de infraestruturas destinadas essencialmente à distribuição pelos consumidores finais de água de abastecimento público, todos os valores dos indicadores de acessibilidade indicados acima

pertencem a um intervalo de valores em que a qualidade do serviço é boa, dado estarem compreendidos entre o intervalo [0; 0,50].

Quanto ao indicador de eficiência de tratamento, que representa a percentagem de águas residuais recolhidas e que são tratadas por estações de tratamento, pode dizer-se que apresenta um valor superior na NUT Centro e Lisboa (46,7%), seguindo-se a NUT Norte (36,5%) e por fim a NUT Algarve e Alentejo (31,4%).

Por observação dos valores deste indicador podemos afirmar que o valor das águas residuais recolhidas é superior ao das águas residuais tratadas, tal como é expectável, daí originar um indicador em todos os casos das diversas NUTs inferior a 1. Isto significa que regra geral nem toda a água recolhida é tratada pelas estações de tratamento, o que deixa a questão relativamente ao destino da restante água residual recolhida. Uma das opções será o armazenamento temporário, para posterior tratamento. O valor do indicador de eficiência de tratamento aumenta com a quantidade de águas residuais recolhidas e/ou com o aumento das águas residuais tratadas.

Relativamente ao indicador da densidade populacional, os dados apresentados na tabela 1 revelam que o valor mais elevado se regista na NUT Norte com  $81,76 \text{ hab./km}^2$ , seguindo-se a NUT Centro e Lisboa com  $32,39 \text{ hab./km}^2$  e por fim a NUT Algarve e Alentejo com uma densidade populacional menor de  $6,90 \text{ hab./km}^2$ .

Quanto ao indicador, uso da água, tem um valor superior na NUT Centro e Lisboa ( $980,8 \text{ m}^3/\text{per capita}$ ), isto significa que as populações servidas pelas estações de tratamento locais utilizam uma maior quantidade de águas residuais tratadas. Pode ainda indicar a presença de unidades industriais nesta zona, ou uma elevada quantidade de infiltração no sistema de drenagem. Também com um valor elevado quanto à utilização da água encontra-se a NUT Algarve e Alentejo com  $166,4 \text{ m}^3/\text{per capita}$ , e por fim, com uma menor utilização de água temos a NUT Norte com  $119,4 \text{ m}^3/\text{per capita}$ .

Passando ao indicador da produção de energia, das 257 instalações de tratamento, apenas 43 produzem efetivamente energia, o que corresponde a 16,73% do total de entidades, que estão distribuídas da seguinte forma pelas diversas NUTs: 9 em 73 produzem energia na NUT Algarve e Alentejo, 22 em 107 produz energia na NUT Centro e Lisboa e 12 em 77 produz energia na NUT Norte.

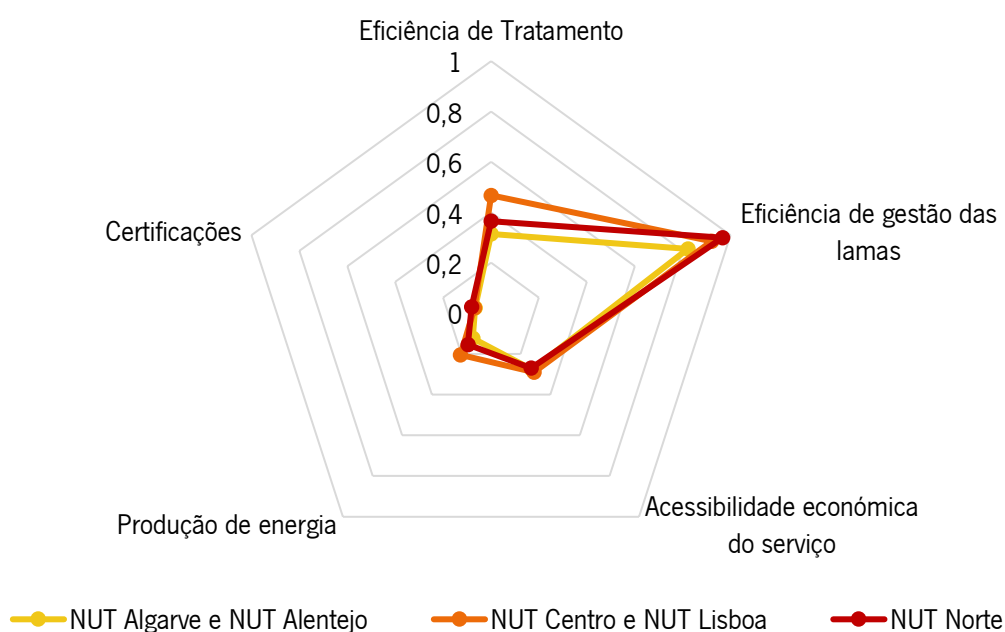
Fazendo a mesma análise, mas agora em termos percentuais, é na região Centro e Lisboa que temos uma percentagem maior de entidades a produzir energia, que equivale a 20,6%, seguindo-se a

NUT Norte com 15,6% entidades que produzem alguma energia para uso próprio e por fim a NUT Algarve e Alentejo com 12,3%.

Tendo em conta o último indicador apresentado na Tabela 6, o total de certificações, que inclui as certificações de gestão ambiental, qualidade, segurança e saúde, energéticas, entre outras, podemos deduzir através dos dados apresentados que são as entidades da NUT Norte que apresentam uma média do número de cerificações superior com uma percentagem de 8,1 %, seguindo-se a NUT Centro e Lisboa com 6,9 % e por fim a NUT Algarve e Alentejo com 6,6%

Pode concluir-se que as NUT Centro e Lisboa e a NUT Norte apresentam melhor desempenho dado que os valores dos indicadores representados nos vértices do polígono têm os valores mais elevados e mais próximos de 1. Entre estas duas NUTs, é difícil concluir qual a que apresenta um melhor índice de eficiência, uma vez que, a NUT Centro e Lisboa, apresenta valores mais elevados a nível da eficiência de tratamento de águas residuais e produção de energia, e por outro lado, a NUT Norte, apresenta um melhor desempenho ao nível da eficiência de gestão das lamas e total de certificações. Contudo, a NUT Algarve e Alentejo é a que apresenta alguma desvantagem comparativamente com as duas NUTs descritas anteriormente, dado apresentar valores ligeiramente inferiores em qualquer um dos indicadores apresentados.

**Gráfico 1** - Gráfico radar para as diferentes NUTs



**Fonte:** Elaboração da própria autora com dados da ERSAR

De seguida é apresentada a Tabela 7 com os indicadores calculados para as diferentes tipologias das áreas de intervenção. A tipologia é composta por 3 níveis: Área mediamente urbana (AMU); Área predominantemente rural (APR); Área predominantemente urbana (APU). Com estes indicadores, construímos também um gráfico radar para visualizar as semelhanças e diferenças em termos de relativos.

**Tabela 7 - Indicadores para as diferentes áreas de intervenção**

|                                      |                                         | <b>Média</b> | <b>Mediana</b> | <b>N</b> |
|--------------------------------------|-----------------------------------------|--------------|----------------|----------|
| <i>Área mediamente urbana</i>        | Eficiência de Tratamento (%)            | 0,38         | 0,13           | 32       |
|                                      | Eficiência de gestão das lamas (%)      | 0,97         | 1              | 24       |
|                                      | Acessibilidade económica do serviço (%) | 0,37         | 0,37           | 58       |
|                                      | Uso da água (m <sup>3</sup> /Hab. Eq.)  | 427,74       | 82,05          | 22       |
|                                      | Entidades com produção de energia (%)   | 0,10         | 0              | 58       |
|                                      | Certificações (%)                       | 0,14         | 0              | 58       |
| <i>Área predominantemente rural</i>  | Eficiência de Tratamento (%)            | 0,36         | 0,14           | 120      |
|                                      | Eficiência de gestão das lamas (%)      | 0,88         | 1              | 50       |
|                                      | Acessibilidade económica do serviço (%) | 0,25         | 0,25           | 178      |
|                                      | Uso da água (m <sup>3</sup> /Hab. Eq.)  | 646,92       | 73,36          | 68       |
|                                      | Entidades com produção de energia (%)   | 0,16         | 0              | 178      |
|                                      | Certificações (%)                       | 0,04         | 0              | 178      |
| <i>Área predominantemente urbana</i> | Eficiência de Tratamento (%)            | 0,86         | 1              | 10       |
|                                      | Eficiência de gestão das lamas (%)      | 0,99         | 1              | 9        |
|                                      | Acessibilidade económica do serviço (%) | 0,28         | 0,29           | 21       |
|                                      | Uso da água (m <sup>3</sup> /Hab. Eq.)  | 78,39        | 66,37          | 9        |
|                                      | Entidades com produção de energia (%)   | 0,43         | 0              | 21       |
|                                      | Certificações (%)                       | 0,28         | 1              | 21       |

**Fonte:** Elaboração própria com dados fornecidos pela ERSAR

Relativamente ao indicador de eficiência de tratamento, a área que apresenta um valor mais satisfatório relativo à quantidade de águas que são recolhidas e tratadas é na área predominantemente urbana com uma percentagem de 85,8% seguindo-se, a área mediamente urbana com 38,2% e por fim a área predominantemente rural com 36,3%.

Passando agora ao indicador com valores mais elevados, o indicador de eficiência de gestão das lamas, que apresenta um valor igual a 99,9% para a área predominantemente urbana, o que quer dizer que a quase totalidade das lamas produzidas no sistema são encaminhadas para um destino adequado. No entanto, as restantes áreas não se afastam muito desta percentagem. Assim um total de 97,2% de lamas produzidas têm destino adequado na área mediantemente urbana, seguindo-se, a área predominantemente rural com 88%.

Quanto ao indicador de acessibilidade económica, é na área mediantemente urbana que apresenta um maior encargo do utilizador associado a este serviço, sendo então de 0,37%, ou seja, por cada 100 euros de rendimento num agregado familiar, o encargo é de 0,37 cêntimos. No entanto, na área predominantemente urbana o valor é 0,28 cêntimos por cada 100 euros de rendimento e na área predominantemente rural é ligeiramente inferior o valor do encargo médio, sendo de 0,25 cêntimos por cada 100 euros de rendimento. A razão pela qual o valor do indicador de acessibilidade é mais baixo na área predominantemente rural (APR) deve-se ao facto de o rendimento médio disponível ser o mais elevado entre os três níveis, daí a acessibilidade económica ser inferior. De acordo com os valores de referência para os sistemas em baixa, todos os valores dos indicadores de acessibilidade económica indicados acima estão compreendidos entre o intervalo [0; 0,50] que corresponde à área em que a qualidade do serviço é boa.

O indicador do uso da água, tem um valor superior ao nível da área predominantemente rural ( $646,9 \text{ m}^3/\text{per capita}$ ), isto significa que a população servida pelas estações de tratamento locais, utilizam uma maior quantidade de águas residuais tratadas, seguindo-se depois a área mediantemente urbana com um valor de  $427,7 \text{ m}^3/\text{per capita}$  e por fim, com uma menor utilização de água temos a área predominantemente urbana, com  $78,4 \text{ m}^3/\text{per capita}$ .

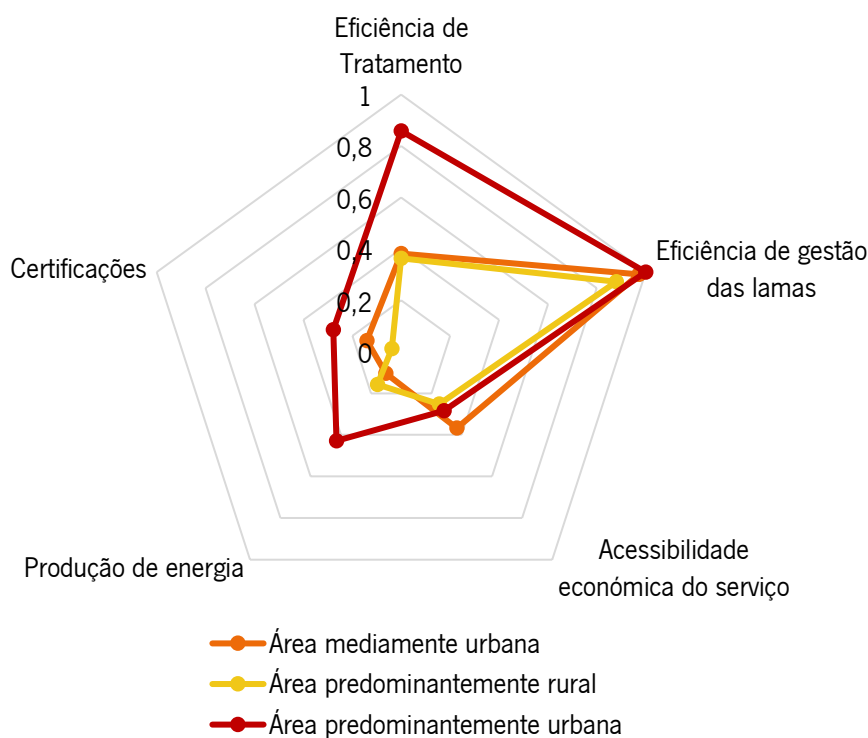
Relativamente à produção de energia, 42,8% das entidades em áreas predominantemente urbanas produzem energia, ou seja, das 21 observações para este grupo, apenas 9 produzem alguma energia. Quanto à área predominantemente rural, das 178 instalações de tratamento, 28 produzem energia, a que corresponde uma percentagem de 15,7%. Quanto à área mediantemente urbana, a percentagem de entidades que produzem energia é de 10,3% e em termos absolutos, 6 das 58 entidades são as produtoras de energia própria.

Passando agora ao último indicador apresentado na Tabela 7, o total de certificações, deduzo que a área predominantemente urbana apresenta um valor superior, com 27,8 % do total de certificações. Segue-se a área mediantemente urbana com 14% do total de certificações por entidade e

por fim a área predominantemente rural com 3,8% de certificações. O facto de os valores destas duas últimas áreas serem inferiores a 16% significa que existem entidades que não têm uma certificação.

Através da observação do gráfico seguinte, conclui-se que as áreas urbanas, sejam elas, predominantemente ou mediantemente urbanas, têm um melhor desempenho, quando comparadas com a área predominantemente rural, visto que, os valores nos dois primeiros níveis referidos são mais elevados e mais próximos de 1. No entanto, das duas áreas urbanas, é na predominantemente urbana, que se regista um valor mais elevado em todos os indicadores à exceção da acessibilidade económica do serviço.

**Gráfico 2** - Gráfico radar para as diferentes tipologias de área



**Fonte:** Elaboração da própria autora com dados da ERSAR

De seguida é apresentada a Tabela 8 com os indicadores calculados para os diferentes modelos de governança que se dividem por concessão municipal, delegação por empresa municipal/ intermunicipal ou por parceria com o Estado/municípios, ou gestão direta por serviço municipal ou por serviço municipalizado ou intermunicipalizado. Com base nos indicadores construídos apresenta-se um gráfico radar para visualizar as semelhanças e diferenças pelos diferentes modelos de gestão

**Tabela 8-** Indicadores para os diferentes modelos de gestão

|                                                                      |                                         | <b>Média</b> | <b>Mediana</b> | <b>N</b> |
|----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|--------------|----------------|----------|
| <b>Concessão (concessão municipal)</b>                               | Eficiência de Tratamento (%)            | 0,68         | 0,81           | 16       |
|                                                                      | Eficiência de gestão das lamas (%)      | 0,99         | 1              | 15       |
|                                                                      | Acessibilidade económica do serviço (%) | 0,34         | 0,35           | 23       |
|                                                                      | Uso da água (m <sup>3</sup> /Hab. Eq.)  | 271,23       | 66,37          | 15       |
|                                                                      | Entidades com produção de energia (%)   | 0,26         | 0              | 23       |
|                                                                      | Certificações (%)                       | 0,29         | 3              | 23       |
| <b>Delegação (empresa municipal ou intermunicipal)</b>               | Eficiência de Tratamento (%)            | 0,38         | 0,09           | 13       |
|                                                                      | Eficiência de gestão das lamas (%)      | 1            | 1              | 10       |
|                                                                      | Acessibilidade económica do serviço (%) | 0,38         | 0,37           | 23       |
|                                                                      | Uso da água (m <sup>3</sup> /Hab. Eq.)  | 69,25        | 64,50          | 11       |
|                                                                      | Entidades com produção de energia (%)   | 0,17         | 0              | 23       |
|                                                                      | Certificações (%)                       | 0,26         | 1              | 23       |
| <b>Delegação (parceria Estado / municípios)</b>                      | Eficiência de Tratamento (%)            | 0,04         | 0,04           | 2        |
|                                                                      | Eficiência de gestão das lamas (%)      | 1            | 1              | 1        |
|                                                                      | Acessibilidade económica do serviço (%) | 0,42         | 0,42           | 2        |
|                                                                      | Uso da água (m <sup>3</sup> /Hab. Eq.)  | 1397,46      | 1397,46        | 2        |
|                                                                      | Entidades com produção de energia (%)   | 0            | 0              | 2        |
|                                                                      | Certificações (%)                       | 0,25         | 1,5            | 2        |
| <b>Gestão direta (serviço municipal)</b>                             | Eficiência de Tratamento (%)            | 0,35         | 0,13           | 123      |
|                                                                      | Eficiência de gestão das lamas (%)      | 0,87         | 1              | 50       |
|                                                                      | Acessibilidade económica do serviço (%) | 0,25         | 0,25           | 191      |
|                                                                      | Uso da água (m <sup>3</sup> /Hab. Eq.)  | 685,45       | 73,36          | 64       |
|                                                                      | Entidades com produção de energia (%)   | 0,15         | 0              | 191      |
|                                                                      | Certificações (%)                       | 0,03         | 0              | 191      |
| <b>Gestão direta (serviço municipalizado ou intermunicipalizado)</b> | Eficiência de Tratamento (%)            | 0,62         | 0,69           | 8        |
|                                                                      | Eficiência de gestão das lamas (%)      | 1            | 1              | 7        |
|                                                                      | Acessibilidade económica do serviço (%) | 0,37         | 0,38           | 18       |
|                                                                      | Uso da água (m <sup>3</sup> /Hab. Eq.)  | 373,20       | 91,86          | 7        |
|                                                                      | Entidades com produção de energia (%)   | 0,22         | 0              | 18       |
|                                                                      | Certificações (%)                       | 0,15         | 0              | 18       |

**Fonte:** Elaboração da própria autora com dados da ERSAR

Relativamente ao indicador de eficiência de tratamento, o modelo de governança de concessão municipal apresenta a percentagem mais elevada, com 67,9% de águas residuais recolhidas tratadas,

seguindo-se o modelo de gestão direta por serviço municipalizado ou intermunicipalizado com uma percentagem de 62,03%, seguindo-se a delegação por empresa municipal, gestão direta por serviço municipal e por fim o modelo de delegação em parceria do Estado com 38,6%, 35,3% e 3,91% respetivamente.

Passando agora ao indicador com os valores mais elevados, o indicador de eficiência de gestão das lamas, que apresenta um total de 100% para os modelos de delegação municipal, delegação por parceria com o Estado e gestão direta por serviço municipalizado ou intermunicipalizado. No entanto, é de realçar que o modelo de concessão municipal tem uma percentagem de 99,99% de lamas encaminhadas para um destino adequado. Por último, mas também com um valor bastante satisfatório, o modelo de gestão direta com serviço municipal apresenta uma eficiência de gestão de lamas de 86,7%.

Quanto ao indicador de acessibilidade económica, o valor mais elevado está no modelo de delegação por parceria com o Estado com 0,42% de adequação da interface com o utilizador em termos de acessibilidade ao serviço, estando o modelo de delegação por empresa municipal muito próximo com os seus 0,38% de acessibilidade económica para as famílias, seguindo-se o modelo de gestão direta por serviço municipalizado ou intermunicipalizado com 0,37%, depois a concessão municipal com 0,34% e com um valor mais baixo de 0,25% para o modelo de gestão direta, com serviço municipal. A razão pela qual o valor do indicador de acessibilidade económica é mais baixo para o modelo de gestão direta, com serviço municipal, deve-se ao facto de o rendimento médio disponível ser o mais elevado entre os cinco níveis.

De acordo com os valores de referência para os sistemas em baixa, todos os valores dos indicadores de acessibilidade económica indicados acima estão compreendidos entre o intervalo [0; 0,50] o que significa que a qualidade do serviço é boa.

Quanto ao indicador associado ao uso da água, para esta separação por modelos de gestão, este indicador é superior ao nível da delegação por parceria com o Estado com 1.397,5  $m^3/per\ capita$ , tendo depois valores inferiores ao nível dos restantes modelos de gestão. Sendo que estes, têm valores compreendidos entre 69,3 e os 685,5  $m^3/per\ capita$ .

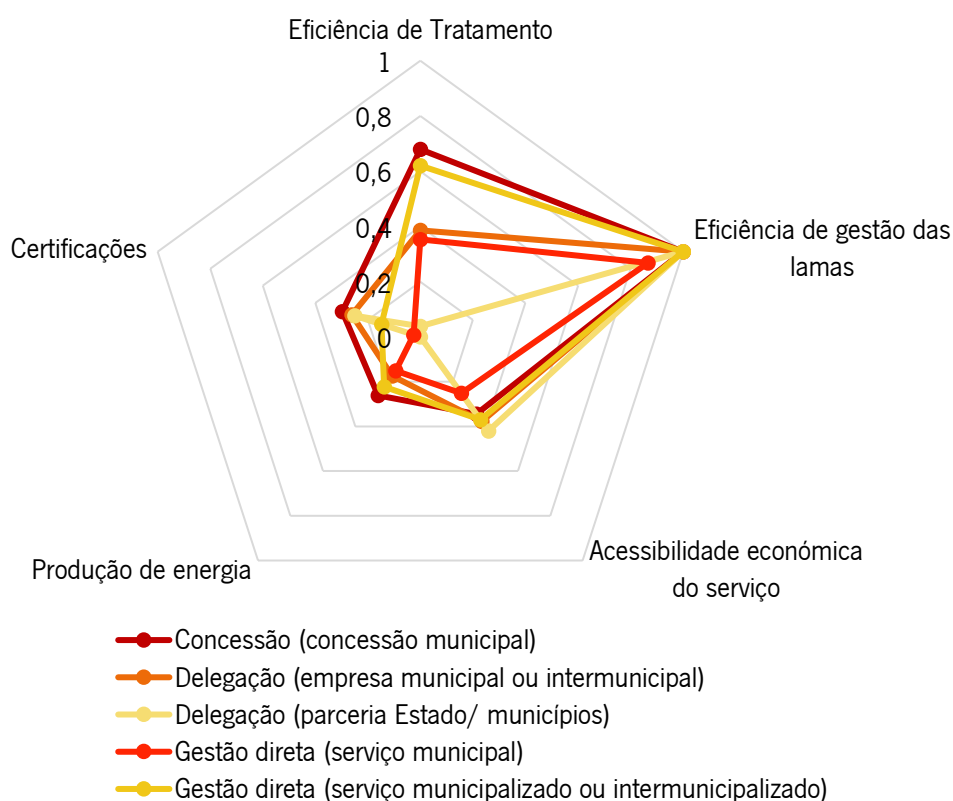
Quanto à percentagem de entidades que produzem energia, nos modelos de concessão municipal, gestão direta com serviço municipalizado ou intermunicipalizado, delegação por empresa

municipal ou intermunicipal, gestão direta com serviço municipal e delegação por parceria com o Estado é de 26,0%, 22,2%, 17,4%, 15,2% e 0% respetivamente.

Passando agora ao último indicador apresentado na Tabela 8, o total de certificações, conclui-se que é o modelo de gestão por concessão municipal que apresenta uma percentagem superior, de 29,7 % de certificações totais por entidade, o que significa que em média cada entidade tem pelo menos uma certificação. Com uma percentagem inferior comparativamente com os restantes modelos de gestão, temos o modelo de gestão direta por serviço municipalizado com 2,5% de certificações.

Através da observação do gráfico seguinte pode concluir-se que o modelo de gestão de concessão municipal é o que apresenta melhor desempenho em termos de eficiência dado ter a melhor performance em todos os indicadores quando comparado com a delegação e/ou gestão direta.

**Gráfico 3** - Gráfico radar para os diferentes modelos de gestão



Fonte: Elaboração da própria autora com dados da ERSAR

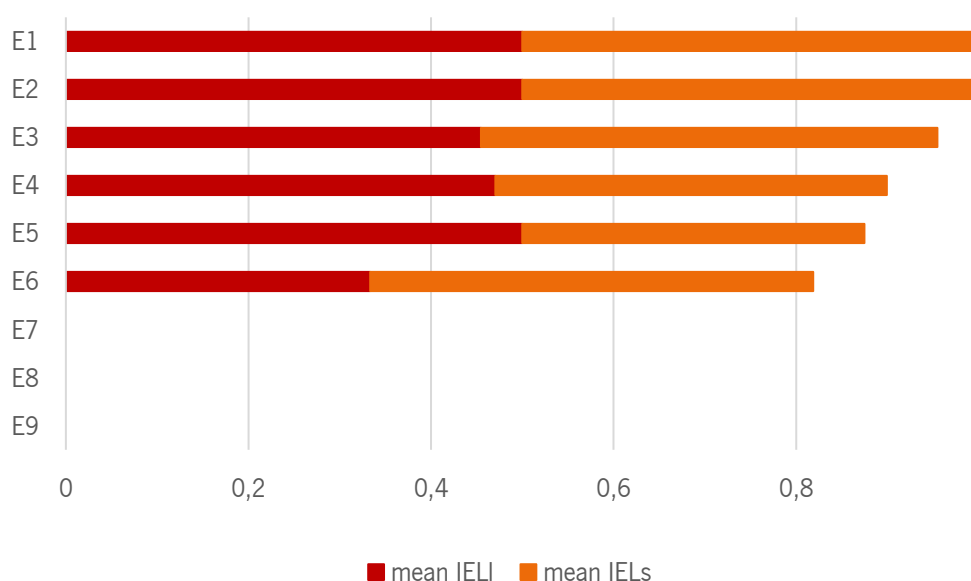
#### 4.2. Análise de indicadores de externalização das lamas

Dada a natureza do presente objeto de estudo e, em particular, os valores dos indicadores referentes às lamas, é importante analisar dois novos indicadores, o índice de externalização de lamas líquidas e o índice de externalização de lamas sólidas. O primeiro indicador é dado pela quantidade de lamas entregues em ETAR de outra entidade gestora para tratamento a dividir pelo total de lamas escoadas das instalações de tratamento. O segundo indicador, é dado pela quantidade de lamas desidratadas entregues a operador licenciado sobre a quantidade total de lamas desidratadas escoadas das instalações de tratamento. Uma maior externalização das lamas significa menor circularidade interna, mas também a existência de uma rede inter-instituições que pode potenciar o aparecimento de sinergias.

A construção destes indicadores e organização dos mesmos, permite concluir sobre as quantidades e capacidades das respetivas ETARs quanto ao tratamento e encaminhamento adequado das lamas, ou por outro lado, permite-nos concluir sobre a falta de capacidade instalada para tratar este subproduto, o que as obriga ao envio para outra entidade gestora licenciada para o efeito. Para iniciar a análise destes dois indicadores, apresenta-se o Gráfico 4, onde é feita a separação dos mesmos pelas diferentes entidades do sistema em alta aos quais as entidades dos sistemas em baixa se encontram ligados, e que designam por E1, E2, E3, E4 e E5. Inclui-se ainda uma E6 que representa as entidades em baixa, não ligadas a uma entidade em alta.

Da observação deste gráfico, conclui-se que a entidade E1 procede ao encaminhamento total de lamas produzidas, quer sejam elas líquidas ou desidratadas para outra entidade gestora ou operador licenciado, o que nos indica que esta mesma entidade não tem possivelmente capacidade instalada para tratar as lamas geradas do processo de tratamento das águas residuais, ou, a sua melhor opção passa pela entrega das lamas que gera do processo de tratamento das águas residuais a outra entidade licenciada para dar o devido destino adequado às mesmas. O mesmo acontece para a entidade E2. A entidade E3 regista valores ligeiramente inferiores para o indicador de externalização de lamas líquidas, isto é, 45% das lamas provenientes do tratamento das AR são encaminhadas para outra entidade. Do mesmo indicador pode concluir-se que 5% dessas lamas líquidas têm o devido tratamento na própria instalação, o que indica a existência de capacidade instalada. Na E4, 47% das lamas líquidas e 43% das lamas sólidas, o que perfaz um total de 89% de lamas, são encaminhadas para um destino adequado.

**Gráfico 4 - Índices de externalização de lamas pelos utilizadores dos Sistemas em Alta**



**Fonte:** Elaboração da própria autora com dados da ERSAR

Relativamente à entidade E5, um total de 85% das lamas são entregues a outra entidade para dar o devido encaminhamento, ou seja, trata apenas 15% das lamas que produz. As entidades E7,8 e 9 tratam ou valorizam a totalidade das lamas que produzem, dado que não as encaminham para outras entidades. Outra explicação possível para esta situação é o facto de haver possivelmente custos elevados a suportar por estas três entidades, para que as mesmas procedam ao encaminhamento das lamas produzidas para outra entidade licenciada.

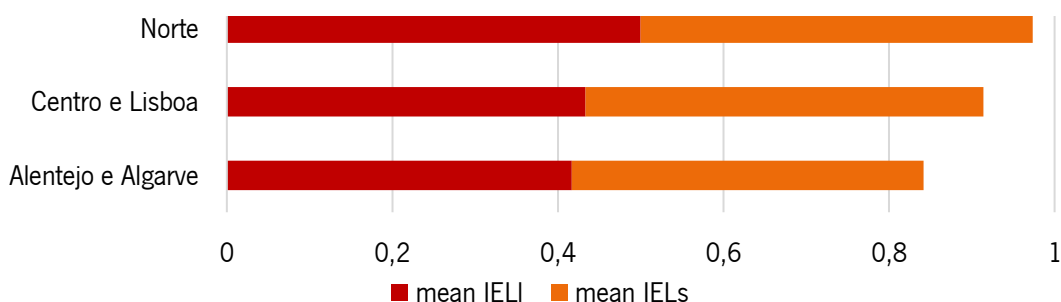
Quanto às restantes entidades que não se encontram ligadas a nenhum sistema em alta, estas procedem ao encaminhamento de em média para outra entidade de 33% das lamas líquidas e 49% das lamas sólidas.

Destes mesmos dados, conclui-se que as entidades que recebem as lamas para dar o adequado encaminhamento, à partida têm a potencialidade de gerar o aproveitamento das mesmas, o que nos dará um índice de circularidade externa em relação às entidades que produzem as lamas, podendo tratar-se, portanto, de uma sinergia industrial.

Relativamente ao Gráfico 5, é feita a separação dos referidos indicadores pelas três NUTs. Quanto à NUT Norte, um total de 97,4% das lamas produzidas são encaminhadas para tratamento em ETAR de outra entidade gestora ou entregues a operador licenciado. Por diferencial, pode concluir-se que 2,6% das lamas produzidas são tratadas ou armazenadas no interior das próprias entidades. No

que se refere à NUT Centro e Lisboa, 43,3% das lamas líquidas são encaminhadas para outra entidade e o mesmo acontece para 48% das lamas sólidas, o que significa que 8,6% das lamas produzidas são tratadas ou armazenadas nas próprias entidades. Relativamente à última NUT, Alentejo e Algarve, em média 41,7% das lamas líquidas são entregues em ETAR de outra entidade e 42,5% das lamas sólidas são entregues a operador licenciado, o que nos permite concluir que cerca de 15,8% do total de lamas produzidas são tratadas pelas próprias entidades desta NUT.

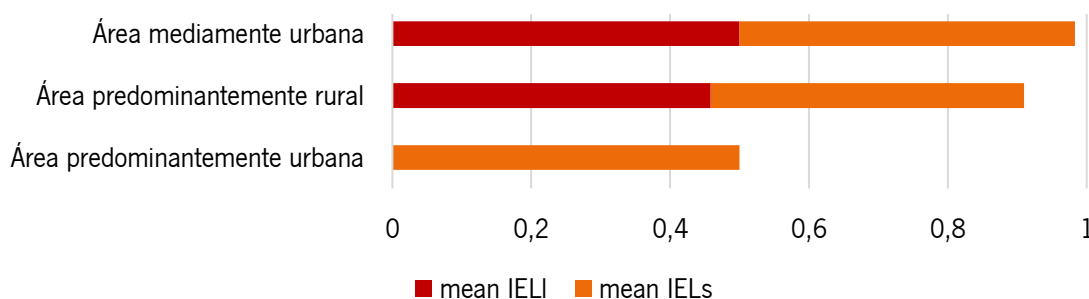
**Gráfico 5 - Índices de externalização das lamas por NUTs**



**Fonte:** Elaboração da própria autora com dados da ERSAR

Relativamente ao Gráfico 6, em que a segmentação é feita pelas três tipologias de área, conclui-se que a área mediantemente urbana procede ao encaminhamento de uma média de 98,3% das lamas produzidas, enquanto a área predominantemente rural, procede ao encaminhamento de 91% das mesmas. Por último, a área predominantemente urbana, encaminha 50% das lamas sólidas para operador licenciado, o que nos dá a indicação de que as entidades pertencentes a esta tipologia de área têm a capacidade de tratar e dar o devido encaminhamento a 50% das lamas que produzem.

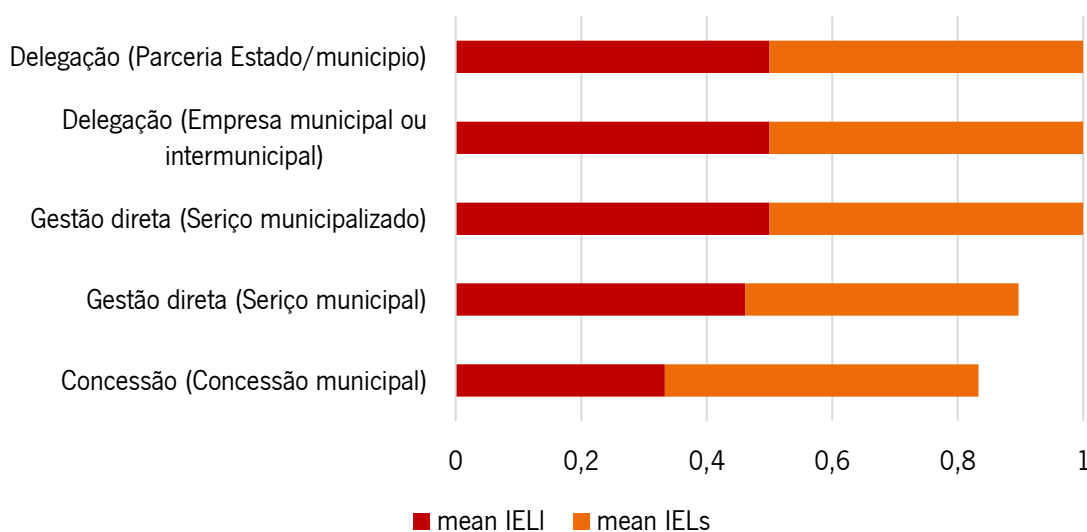
**Gráfico 6 - Índice de externalização das lamas por tipologia de área**



**Fonte:** Elaboração da própria autora com dados da ERSAR

Relativamente ao Gráfico 7, em que a segmentação é feita pelos modelos de gestão. Nos 3 primeiros representados, os dois de delegação e o de gestão direta por serviço municipalizado, é realizada o encaminhamento total das lamas originadas do processo de tratamento das AR. No entanto a capacidade de tratamento das lamas no serviço de gestão direta por serviço municipal, é de 10,3% e a capacidade de tratamento para o modelo de concessão municipal é de 16,7 %.

**Gráfico 7 - Índice de externalização das lamas por modelos de gestão**



**Fonte:** Elaboração da própria autora com dados da ERSAR

Da análise realizada, conclui-se que existe uma grande variabilidade no que diz respeito à externalização das lamas, entre regiões, modelos de gestão e tipologia de área.

#### 4.3. Modelo econométrico

Dada a natureza do presente estudo, e apesar da reduzida disponibilidade de dados, optou-se por introduzir uma seção de análise de regressão com fins meramente ilustrativos. O que se propõe é uma metodologia de cálculo do valor potencialmente gerado pelo aproveitamento energético em ETARs. Para o efeito estima-se um modelo de previsão da produção de energia em função do total de lamas.

Através do modelo de regressão seguinte, é possível estimar a relação entre duas variáveis, variável dependente, produção de energia, com a variável independente, quantidade total de lamas. No

sentido de uniformizar as escalas, as variáveis são incluídas na forma logarítmica. O objetivo é usar o modelo de regressão para: (i) estimar o parâmetro que relaciona a quantidade de lamas produzidas com a quantidade de energia produzida; (ii) prever a quantidade de energia que as entidades que não produzem poderiam produzir se fizessem um aproveitamento semelhante. De notar que a quantidade de energia produzida pode não ser por aproveitamento das lamas, podendo incluir também a energia produzida por exemplo através de painéis fotovoltaicos.

$$\ln \text{ produção de energia}_i = \beta_1 \ln \text{ total de lamas}_i + \varepsilon_i, \quad \text{para } i = 1, \dots, n$$

A Tabela 9 apresenta o resultado da estimação pelo método dos mínimos quadrados ordinários:

**Tabela 9** - Estimação pelo método dos mínimos quadrados

| Ln (prod.energia)                                              | Coef.  | Std. Err. | t     | P >  t |
|----------------------------------------------------------------|--------|-----------|-------|--------|
| Ln (total lamas)                                               | 1,6677 | 0,1164    | 14,33 | 0,000  |
| n=8; F (1,7) = 205,27; Prob >F = 0.000; R <sup>2</sup> =0,8081 |        |           |       |        |

Sendo o modelo globalmente significativo a 1%, o exercício de previsão que se propõe pode ser realizado. Assim, construiu-se uma variável da previsão de produção de energia para as diferentes entidades, tendo em conta a quantidade total de lamas.

Este indicador de previsão de produção de energia, dará uma indicação relativa às quantidades de energia que não estão a ser produzidas, o que nos leva a concluir que existe uma falta de aproveitamento de recursos internos e consequente falta de implementação da EC.

Dado este novo indicador, temos duas variáveis que decidimos designar por: *prev\_energ* e *prev\_energ1*, que correspondem à previsão da produção de energia para as instalações que produzem efetivamente alguma energia e a previsão da produção de energia para as instalações que não a produzem, respetivamente.

Relativamente a estas duas novas variáveis temos a seguinte tabela, que nos dá a indicação de que em média é produzida 65.463,32 energia em kwh/ano, pelas 8 entidades que produzem energia.

No entanto, das 75 entidades que não produzem energia, prevê-se que em média poderia produzir 30.499,99 energia em kwh/ano.

**Tabela 10** - Estimativa da previsão de energia

| Variável           | Nº Obs | Média     | Std. Err. | Min.      | Max.     |
|--------------------|--------|-----------|-----------|-----------|----------|
| <i>prev_energ</i>  | 8      | 65.463,32 | 77533,1   | 0,2466634 | 215814,8 |
| <i>prev_energ1</i> | 75     | 30499,99  | 128441    | 0,000062  | 886746,6 |

Da mesma tabela podemos deduzir quais os valores máximos e mínimos de produção de energia. Sendo de 0,25 kwh/ano e 215814,8 kwh/ano os valores mínimo e máximo respetivamente para as 8 entidades observadas que produzem energia.

No entanto, o valor máximo possível de produção de energia para as entidades que não produzem energia e que têm capacidade para tal é de 886746,5 kwh/ano, sendo este valor substancialmente superior em relação às 8 entidades que já apresentam alguma produção energética.

De acordo com a Entidade Reguladora dos serviços energéticos, a eletricidade produzida por valorização energética de resíduos é paga (dados 2016) a 87,45 €/megawatt-hora, sendo que a de biomassa é paga a 117,78 €, e a fotovoltaica é 296,45 €/megawatt-hora.

Usando os valores pagos pela REN em regime especial, assume-se que as ETARs poderiam receber entre 117,18 €/MW-h e 296,45 €/MW-h, a tabela 11 apresenta a estimativa de ganhos totais por produção de eletricidade. O valor gerado pela produção de energia referente às entidades que produzem efetivamente alguma energia está no intervalo (45.798,14 €; 155.252,81 €) por ano, enquanto a previsão de ganhos potencialmente gerados pelas restantes entidades estaria entre os 200.041,81 € e 678.129,15 €.

**Tabela 11** - Estimação do valor da energia produzida

| Variável           | Nº Obs | Min (biomassa) | Max (fotovoltaica) |
|--------------------|--------|----------------|--------------------|
| <i>prev_energ</i>  | 8      | 45.798,14      | 155.252,81         |
| <i>prev_energ1</i> | 75     | 200.041,81     | 678.129,15         |

Em suma, o valor gerado em produção de energia seria, aproximadamente quatro vezes mais elevado, se o aproveitamento energético fosse realizado em todas as entidades, da forma que

atualmente é em oito entidades. Contudo, estes números são relativamente pequenos se comparados com o rendimento médio operacional por unidade (1.902.826 €/ano). O que seria importante era analisar o potencial de valorização das lamas no seu uso mais nobre de extração de nutrientes como o fósforo, o azoto ou o ferro.



## 5. Conclusões

A literatura sobre a Economia Circular no setor das águas residuais é ainda relativamente escassa e limitada em termos económicos. Como tal, neste contexto a dissertação que aqui se apresenta tem como objetivo preencher esta lacuna, procurando contribuir para a literatura sobre o tema no contexto português.

Nesse sentido procura responder-se aos objetivos inicialmente propostos com recurso aos dados fornecidos pela ERSAR para o ano de 2016. Com estes dados foi possível concluir sobre o tipo e qualidade do serviço prestados pelas ETARs. Para a análise deste ponto, foram propostos e analisados indicadores de eficiência de tratamento das águas residuais e os indicadores de eficiência de gestão das lamas, o que nos permite concluir sobre a eficiência global do serviço prestado pelas entidades.

De forma agregada, consideramos que o serviço é satisfatório e eficiente dado que são apresentados valores elevados, próximos dos 90%, quando se trata da eficiência de gestão das lamas. O valor associado a este indicador dá-nos a informação de que a quase totalidade das lamas provenientes do tratamento das águas residuais têm um encaminhamento adequado.

Este indicador apresenta valores mais elevados a nível da NUT Norte e nas áreas mediantemente urbanas. No entanto a informação disponível não nos permite aferir sobre a explicação para tais valores para estes grupos em específico. Em particular seria interessante entender qual o encaminhamento das lamas com destino adequado, se as mesmas são apenas depositadas em aterro, se são valorizadas para usos agrícolas, ou na construção civil, ou para valorização energética, entre outros destinos considerados adequados.

Ainda relacionado com o indicador anterior e o índice de externalização das lamas, torna-se importante referir que as entidades licenciadas capazes de receber as lamas produzidas noutras ETARs, possuem à partida a capacidade de gerar o aproveitamento e valorização das lamas de acordo com o conceito da economia circular, tratando-se aqui de uma possível rede entre as diversas ETAR, quer sejam produtoras de lamas quer sejam recetoras, o que nos dará um índice de circularidade externa em relação às entidades que produzem as lamas, tratando-se, portanto, de uma sinergia industrial.

Relativamente ao indicador de eficiência de tratamento das águas residuais, este tem em média valores por volta dos 38%, o que significa que nem toda a água residual recolhida é tratada nas unidades registadas. De acordo com os dados a que se teve acesso, o não tratamento total das águas residuais pode acontecer devido à insuficiente capacidade de tratamento, ou de regularização para posterior

tratamento. Existe também a possibilidade de descargas de emergência das águas residuais para o meio recetor sem qualquer tratamento, nos casos em que, por algum motivo de força maior, a capacidade instalada não seja suficiente.

Este indicador de eficiência de tratamento apresenta valores mais elevados para a NUT Centro e Lisboa e nas áreas predominantemente urbanas.

Um outro objetivo desta dissertação, passa por compreender se o conceito da Economia Circular está a ser implementado pelas ETARs. Na impossibilidade de analisar o destino de valorização das lamas nas diferentes áreas de valorização possível para as lamas biológicas (agricultura, compostagem, indústria da construção civil ou valorização energética) e consequente criação de um indicador de circularidade em termos de valorização e reutilização das lamas nos diferentes setores possíveis, decidimos analisar um outro indicador. Optou-se por estudar um indicador referente à produção de energia tendo por base as quantidades totais de lamas escoadas das instalações de tratamento.

Com os cálculos efetuados concluímos que 43 das 257 entidades estudadas têm aproveitado os seus próprios recursos e capacidade instalada e dessa forma conseguem produzir alguma energia, o que nos dá indicação da implementação da circularidade das ETARs. Esta implementação do conceito da Economia Circular, relativa à produção de energia, vem colmatar alguns dos custos relacionados à elevada energia consumida associada a todo o processo de funcionamento das ETARs.

Ainda relacionado com a produção de energia, fizemos uma estimação da energia que seria possível produzir nas entidades que não a produzem, tendo em conta as suas semelhanças com as entidades que produzem. E daqui concluímos que cerca de 30499,99 kwh de energia por ano podiam ser gerados por entidade com base na implementação da Economia Circular nas 75 entidades consideradas na análise. Em termos monetários esse valor representa uma perda global entre 200 mil e 678 mil €. No entanto, este valor corresponde apenas a uma fração da totalidade do rendimento passível de ser obtido pela valorização deste recurso, em alternativa às possíveis e conhecidas externalidades ambientais passíveis de serem criadas com uma inadequada gestão das lamas de ETAR. A ordem de grandeza do resultado mostra a clara inexistência de aproveitamento do potencial energético das lamas produzidas em ETAR.

Em conclusão, é importante considerar que Portugal tem vindo a enfrentar um desafio de resolução definitiva associada a esta temática da correta gestão das lamas que implica um tratamento adequado, transporte e deposição final das mesmas dentro da legislação aplicável e em conformidade

com a hierarquia da gestão de resíduos. Esta questão tornou-se fundamental, dado que nos últimos anos o desenvolvimento do tratamento de águas residuais gerou um crescimento significativo na produção de lamas de ETAR. E desta forma tornou-se importante estudar a implementação da Economia Circular neste setor, uma vez que, esta tem a preocupação de promover o desenvolvimento sustentado e a proteção dos recursos ambientais.

As limitações são comuns em todas as pesquisas científicas e, neste estudo, também se fazem presentes. Aquelas aqui apresentadas poderão ser colmatadas em estudos futuros, mas para isso, será necessário trabalhar na melhoria da base de dados, mais especificamente ao nível da seleção de variáveis que nos permitam responder a questões relacionadas com a eficiência das ETAR e com a implementação da circularidade nas mesmas, o que por sua vez, permitiria uma análise mais rica dos resultados anteriormente apresentados.



## 6. Referências bibliográficas <sup>12</sup>

- Agência Portuguesa do Ambiente. (2017). Gestão de Lamas abrangidas pelo Decreto-Lei n°276/2009, de 2 de outubro, que estabelece o regime de utilização de lamas de depuração em solos agrícolas (2014-2015), 1-7.
- Andreoli, C.V., Sperling, M. V., & Fernandes, F. (Editors.), (2007). Biological wastewater treatment series. *Sludge Treatment and Disposal*, vol. 6. London: IWA Publishing. Disponível em: [https://www.sswm.info/sites/default/files/reference\\_attachments/ANDREOLI%20et%20al%202007%20Sludge%20Treatment%20and%20Disposal.pdf](https://www.sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/ANDREOLI%20et%20al%202007%20Sludge%20Treatment%20and%20Disposal.pdf)
- Barbosa, J. A. (2008). Valorização de Lamas Provenientes do Tratamento de Águas Residuais. (Dissertação de Mestrado não publicado). Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, Portugal 77. Disponível em: [https://run.unl.pt/bitstream/10362/7895/1/Barbosa\\_2008.pdf](https://run.unl.pt/bitstream/10362/7895/1/Barbosa_2008.pdf)
- Bjørn, A., & Hauschild, M. Z. (2013). Absolute versus Relative Environmental Sustainability: What can the Cradle-to-Cradle and Eco-efficiency Concepts Learn from Each Other? *Journal of Industrial Ecology*, 17(2), 321-332. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2012.00520.x>
- Bratina, B., Šorgo, A., Kramberger, J., Ajdnik, U., Zemljič, L. F., Ekart, J., & Šafarič, R. (2016). From municipal/industrial wastewater sludge and FOG to fertilizer: A proposal for economic sustainable sludge management. *Journal of Environmental Management*, 183, 1009-1025. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.09.063>
- Braungart, M., McDonough, W., & Bollinger, A. (2007). Cradle-to-cradle design: creating healthy emissions – a strategy for eco-effective product and system design. *Journal of Cleaner Production*, 15 (13-14), 1337-1348. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2006.08.003>

---

<sup>12</sup> As normas de referência, APA, utilizadas ao longo desta dissertação estão de acordo com o seguinte site:

<https://www.uc.pt/fpce/prodco/apa/citacoes/fcautores>

- Cabrera, F., López Núñez, R., Martín Olmedo, P., & Murillo Carpio, J. M. (1997). Aprovechamiento agronómico de compost de alpechín. Disponível em: [http://digital.csic.es/bitstream/10261/89374/3/Aprovechamiento\\_agron%C3%B3mico.pdf](http://digital.csic.es/bitstream/10261/89374/3/Aprovechamiento_agron%C3%B3mico.pdf)
- Comissão Europeia, (2001). “Processos Extensivos de Tratamento de Águas Residuais”. Luxemburgo: Serviço das Publicações Oficiais das Comunidades Europeias
- Carrillo-Hermosilla, J., Del Río, P., & Könnola, T. (2010). “Diversity of eco-innovations: Reflections from selected case studies. *Journal of Cleaner Production*, 18(10-11), 1073-1083. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2010.02.014>
- Costa M., Ferreira E. (2002). Utilização agrícola de lamas de ETAR. Ficha técnica 103 do Ministério da Agricultura, do desenvolvimento Rural e das Pessoas. Direção Regional de Agricultura de Entre-Douro e Minho. ETAR municipal Estação de Tratamento de Águas Residuais), em Parada – Maia Disponível em: [http://www.drapn.min-agricultura.pt/drapn/conteudos/FICHAS\\_DRAEDM/Ficha\\_tecnica\\_103\\_2002.pdf](http://www.drapn.min-agricultura.pt/drapn/conteudos/FICHAS_DRAEDM/Ficha_tecnica_103_2002.pdf)
- Commission, J. (2014). EU Water Alliance Main Priorities for water under the Juncker Commission (2014-2019), (September).
- Cusidó, J. A., & Cremades, L. V. (2012). Environmental effects of using clay bricks produced with sewage sludge: Leachability and toxicity studies. *Waste Management* 32 (6), 1202–1208. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2011.12.024>
- Decreto-Lei n.º 276/2009 de 2 de outubro do Ministério do Ambiente do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. *Diário da República, Série I, N.º 192/2009*, 7154-7165. Disponível em: <https://dre.pt/application/file/491012>
- Decreto-Lei n.º 183/2009 de 10 de agosto do Ministério do Ambiente do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. *Diário da República, Série I, N.º 153/2009*, 5170-5198. Disponível em: <https://dre.pt/application/file/a/493323>
- Decreto-Lei n.º 127/2013 de 30 de agosto do Ministério da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território. *Diário da República, Série I, N.º 167/2013*, 5324-538. Disponível em: <https://dre.pt/application/file/a/499584>

Decreto-Lei n.º 73/2011 de 17 de junho do Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território.  
*Diário da República, Série I, N.º 116/2011.*, 3251-3300. Disponível em:  
<https://dre.pt/application/file/a/670129>

Decreto-Lei n.º 103/2015 de 15 de junho do Ministério da Economia. *Diário da República, Série I, N.º 114/2015.*, 3756-3788. Disponível em: <https://dre.pt/application/file/a/67477956>

Decreto-Lei n.º 178/2006 de 05 de setembro do Ministério do Ambiente do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. *Diário da República Série I, N.º 171/2006.*, 6526-6545.  
Disponível em: <https://dre.pt/application/file/a/539951>

Decreto-Lei n.º 152/97 de 19 de junho do Ministério do Ambiente. *Diário da República, Série I-A, N.º 139/1997.*, 2959-2966. Disponível em: <https://dre.pt/application/file/a/365412>

Decreto-Lei n.º 85/2005 de 28 de abril do Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território.  
*Diária da República, Série I-A, N.º 82/2005.*, 3214-3235. Disponível em:  
<https://dre.pt/application/conteudo/532798>

El-Haggar, S. M. (2007). *Sustainable industrial design and waste Management: Cradle to-cradle for Sustainable Development*. Academic Press Amsterdam [u.a.], Elsevier.

Ellen MacArthur Foundation. (2013a). *Towards the Circular Economy Vol. 1: an economic and business rationale for an accelerated transition*. Disponível em:  
<http://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Ellen-MacArthur-Foundation-Towards-the-Circular-Economy-vol.1.pdf>

Ellen MacArthur Foundation. (2013b). *Towards the circular economy Vol.2: opportunities for the consumer goods sector*. Disponível em:  
[https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/TCE\\_Report-2013.pdf](https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/TCE_Report-2013.pdf)

Ellen MacArthur Foundation and McKinsey & Company. (2014). *Towards the circular economy: accelerating the scale-up across global supply chains*. World Economic Forum, Geneva, Switzerland, 2014. Disponível em:  
[http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_ENV\\_TowardsCircularEconomy\\_Report\\_2014.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_ENV_TowardsCircularEconomy_Report_2014.pdf)

- ERSAR. (2016). *Relatório Anual dos Serviços de Águas e Resíduos em Portugal Vol1 - Caraterização do setor de águas e resíduos*. Disponível em: [http://www.ersar.pt/pt/site-comunicacao/site-noticias/Documents/RASARP2016\\_Volume\\_1.pdf](http://www.ersar.pt/pt/site-comunicacao/site-noticias/Documents/RASARP2016_Volume_1.pdf)
- ERSE (2018). *Preços no mercado liberalizado de energia elétrica e gás natural em Portugal Continental*, 195
- LNEC & ERSAR. (2013). *Guia de avaliação da qualidade dos serviços de águas e resíduos prestados aos utilizadores - 2.ª geração do sistema de avaliação. Série Guias Técnicos nº 19*. ISBN: 978-989-8360-11-3. Disponível em: [http://files.isec.pt/DOCUMENTOS/SERVICOS/BIBLIO/Documentos%20de%20acesso%20remoto/Guia-de-avaliacao-da-qualidade-dos-servi%C3%A7os-de-aguas-e-residuos-prestados%20aos-utilizadores-2ed.\\_Alegre.pdf](http://files.isec.pt/DOCUMENTOS/SERVICOS/BIBLIO/Documentos%20de%20acesso%20remoto/Guia-de-avaliacao-da-qualidade-dos-servi%C3%A7os-de-aguas-e-residuos-prestados%20aos-utilizadores-2ed._Alegre.pdf)
- LNEC & ERSAR. (2018). *Guia de avaliação da qualidade dos serviços de águas e resíduos prestados aos utilizadores – 3.ª geração do sistema de avaliação. Série Guias Técnicos nº 22*.
- European Commission. (2015). Fechar o ciclo – plano de ação da UE para a economia circular. *Official Journal of the European Union, COM (2015), 24*. Disponível em: [http://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:8a8ef5e8-99a0-11e5-b3b7-01aa75ed71a1.0007.02/DOC\\_1&format=PDF](http://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:8a8ef5e8-99a0-11e5-b3b7-01aa75ed71a1.0007.02/DOC_1&format=PDF)
- Florindo, F. M. D. L. R. (2009). Caracterização das lamas geradas e sua valorização nos subsistemas dos SMAS-Sintra - Delineamento de um Modelo Conceptual de Gestão. (Dissertação de Mestrado não publicada). Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, Portugal, 97. Disponível em: <https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/1922/1/TeseToda.pdf>
- Foladori, P., Andreottola, G., & Ziglio, G. (2010). *Sludge reduction technologies in wastewater treatment plants*. London: IWA publishing.
- Fraga, M. A. C. H. C. (2017). A economia circular na indústria de pasta, papel e cartão. (Dissertação de Mestrado não publicada). Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, Portugal, 122. Disponível em: <https://run.unl.pt/handle/10362/21794>

- Fytili, D., & Zabaniotou, A. (2008). Utilization of sewage sludge in EU application of old and new methods - A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 12 (1), 116-140. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2006.05.014>
- Garrido-Baserba, M., Molinos-Senante, M., Abelleira-Pereira, J. M., Fdez-Güelfo, L. A., Poch, M., & Hernández-Sancho, F. (2015). Selecting sewage sludge treatment alternatives in modern wastewater treatment plants using environmental decision support systems. *Journal of Cleaner Production*, 107, 410–419. Disponível em: <http://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.11.021>
- Gencel, O., Ozel, C., Koksai, F., Erdogmus, E., Martínez- Barrera, G., & Brostow, W. (2012). Properties of concrete paving blocks made with waste marble Osman. *Journal of Cleaner Production*, 21, 62–70. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.08.023>
- Genovese, A., Acquaye, A. A., Figueroa, A., & Koh, S. C. L., (2017). Sustainable supply chain management and the transition towards a circular economy: Evidence and some applications. *Omega*, 66, pp. 344-357. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.omega.2015.05.015>
- Giller, K.E., Witter, E., & McGrath, S.P., (2009). Heavy metals and soil microbes. *Soil Biology and Biochemistry*, 41 (10), 2031–2037. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2009.04.026>
- Guedes, P., Couto, N., Mateus, E. P., & Ribeiro, A. B. (2017). Phosphorus Recovery in Sewage Sludge by Electrokinetic Based Technologies: A Multivariate and Circular Economy View. *Waste and Biomass Valorization*, 8(5), 1587–1596. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12649-017-9985-y>
- Guerrini, I. A., Croce, C. G. G., Bueno, O. de C., Jacon, C. P. R. P., Nogueira, T. A. R., Fernandes, D. M., Ganda, A., & Capra, G. F. (2017). Composted sewage sludge and steel mill slag as potential amendments for urban soils involved in afforestation programs. *Urban Forestry & Urban Greening*, 22, 93–104. Disponível em: <http://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.01.015>
- Haas, W., Krausmann, F., Wiedenhofer, D., & Heinz, M. *et al.* (2015). How circular is the global economy? An assessment of material flows, waste production, and recycling in the European

- Union and the World in 2005. *Journal of Industrial Ecology* 19 (5), 765-777. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/jiec.12244>
- Hislop, H., & J. Hill. (2011), “*Reinventing the wheel: A circular economy for resource security*”. London: Published by Green Alliance. ISBN 978-1-905869-46-6
- Inácio, M. F. M. (1995). Tratamentos Preliminares e Tratamentos Primários. In: *Tratamentos Físicos e Físico-Químicos em Águas Residuais*. APEMETA. Ed. INETI. Lisboa. 14 Pp.
- Johannsdottir, L. (2014). Transforming the linear insurance business model to a closed-loop insurance model: a case study of Nordic non-life insurers. *Journal of Cleaner Production*, 83, 341 – 355. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.07.010>
- Kacprzak M., Neczaj, E., Fijałkowski, K., Grobelak, A., Grosser, A., Worwag, M., Rorat, A., Brattebo, H., Almås, A., & Singh, B. R. (2017). Sewage sludge disposal strategies for sustainable development. *Environmental Research*, 156, 39–46. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.03.010>
- Kalogerakis K., Drabe, V., Paramasivam, M., & Herstatt, C. (2015). *Closed-Loop Supply Chains for Cradle to Cradle Products. Sustainability in Logistics and Supply Chain Management*. Disponível em: <https://hiel.org/publications/2015/21/3.pdf>
- Koci V., Rocha, J. L., & Zakuciová, K. (2016). The concept of Circular Economy applied to CCS, Waste and Wastewater Treatment Technologies. *International Conference on Sustainable Energy & Environmental Sciences (SEES). Proceedings*, 80-83.
- Leitão, A. (2015). Economia circular: uma nova filosofia de gestão para o séc. XXI. *Portuguese Journal of Finance, Management and Accounting*, 1 (2), 2183–3826.
- Li, Q., Li, J., Cui, X., Wei, D., & Ma, Y. (2012). On-Farm Assessment of Biosolids Effects on Nitrogen and Phosphorus Accumulation in Soils. *Journal of Integrative Agriculture*, 11 (9), 1545–1554. Disponível em: [http://doi.org/10.1016/S2095-3119\(12\)60155-5](http://doi.org/10.1016/S2095-3119(12)60155-5)

- Lin, Y., Zhou, S., Li, F., & Lin, Y. (2012). Utilization of municipal sewage sludge as additives for the production of eco-cement. *Journal of Hazardous Materials*, 213-214, 457-465. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2012.02.020>
- Mosquera-Losada, R., Amador-García, A., Muñoz-Ferreiro, N., Santiago-Freijanes, J. J., Ferreiro-Domínguez, N., Romero-Franco, R., & Rigueiro-Rodríguez, A. (2017). Sustainable use of sewage sludge in acid soils within a circular economy perspective. *Catena*, 149, 341–348. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.10.007>
- Milieu Ltd, WRc, & RPA. (2003). Environmental, economic and social impacts of the use of sewage sludge on land. Final Report Part I: Overview Report, 1-20
- McDonough, W., & Braungart, M. (2002a). *Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things*. North Point Press. New York.
- McDonough, W., & Braungart, M., (2002b). *Cradle to Cradle: Science, Innovation + Leadership*. Disponível em: <https://mbdc.com/wp-content/uploads/MBDC-Brochure.pdf> [Acedido em 04 janeiro 2018].
- McDonough, W. J., & Braungart, M. (2013). *The upcycle. Beyond sustainability – designing for abundance*. New York: North Point Press.
- McDonough, W., Braungart, M., Anastas, P. T., & Zimmerman, J. B. (2003). Peer Reviewed: Applying the Principles of Green Engineering to Cradle-to-Cradle Design. *Environmental Science & Technology*, 37(23), 434A-441A. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/es0326322>
- Metcalf & Eddy, Inc. (2003). *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*, 4rd Edition, McGraw-Hill
- Meyer, B. (2011). Macroeconomic modelling of sustainable development and the links between the economy and the environment (Vol. 49). Disponível em: [http://ec.europa.eu/environment/enveco/studies\\_modelling/pdf/report\\_macroecomic.pdf](http://ec.europa.eu/environment/enveco/studies_modelling/pdf/report_macroecomic.pdf)
- Moriguchi, Y. (2007). Material flow indicators to measure progress toward a sound material-cycle society. *Journal of Material Cycles and Waste Management* 9 (2): 112–120. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10163-007-0182-0>

- Murray, A., Skene, K., & Haynes, K. (2017). The Circular Economy: An Interdisciplinary Exploration of the Concept and Application in a Global Context. *Journal of Business Ethics*, 140(3), 369–380. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10551-015-2693-2>
- Ortiz, O., Castells, F., & Sonnemann, G. (2009). Sustainability in the construction industry: A review of recent developments based on LCA. *Construction and Building Materials*, 23 (1), 28–39. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2007.11.012>
- PENSAAR. (2015). PENSAAR 2020 – Uma estratégia ao Serviço da População: Serviços de Qualidade a um Preço Sustentável. Volume 2, 1-148. Disponível em: [https://www.apambiente.pt/\\_zdata/Políticas/Agua/PlaneamentoGestao/PENSAAR2020/PENSAAR2020\\_Relatorio\\_Vol1.pdf](https://www.apambiente.pt/_zdata/Políticas/Agua/PlaneamentoGestao/PENSAAR2020/PENSAAR2020_Relatorio_Vol1.pdf)
- PERSU. (2017). PERSU 2020 - Plano Estratégico para os Resíduos Urbanos 2014 –2020 Relatório de Monitorização 2015. Disponível em: [http://www.ersar.pt/pt/site-comunicacao/site-noticias/documents/relatório persu 2020\\_ano 2015.pdf](http://www.ersar.pt/pt/site-comunicacao/site-noticias/documents/relatório%20persu%2020_ano%202015.pdf)
- Pinto, L., Ramísio, P., Marreiros, A., & Santos, S. (2017). Paving the Way for a Circular Economy: Theoretical Framework and Opportunities in Challenging Sectors” In S. Azevedo & J. Carlos (ed), *Corporate Sustainability: The New Pillar of the Circular Economy*, (127-164), Nova Publishers.
- Portaria n.º 335/97 de 16 de maio do Ministérios da Administração Interna, do Equipamento, do Planeamento e da Administração do Território, da Saúde e do Ambiente. *Diário da República, Série I, n.º 113/1997.*, 2440-2441. Disponível em: <https://dre.pt/application/file/a/396810>
- Preston, F. (2012). A global Redesign? Shaping the circular economy. *Energy, Environment and Resource Governanc.* 1-20.
- Schaffartzik, A., Mayer, A., Gingrich, S., Eisenmenger, N., Loy, C., & Krausmann, F. (2014). The global metabolic transition: Regional patterns and trends of global material flows, 1950–2010. *Global Environmental Change*, 26 (1), 87–97. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.03.013>

- Siebielska, I. (2014). Comparison of changes in selected polycyclic aromatic hydrocarbons concentrations during the composting and anaerobic digestion processes of municipal waste and sewage sludge mixtures. *Water Science & Technology*, 70 (10), 1617–1624. Disponível em: <https://doi.org/10.2166/wst.2014.417>
- Smol, M., Kulczycka, J., Henclink, A., Gorazda, K., & Wzorek, K. (2015). The possible use of sewage sludge ash (SSA) in the construction industry as a way towards a circular economy. *Journal of Cleaner Production*, 95, 45-54. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.02.051>
- Stahel, W. R. (1984). The Product-Life Factor. In Susan Grinton Orr (Ed.), *An Inquiry Into the Nature of Sustainable Societies: The Role of the Private Sector*. HARC, 72-96. Disponível em: <http://infohouse.p2ric.org/ref/33/32217.pdf>
- Stahel, W. R. (2010). *The performance economy*. (2<sup>nd</sup> Edition). London: Palgrave McMillan. Disponível em: [http://www.globe-eu.org/wp-content/uploads/THE\\_PERFORMANCE\\_ECONOMY1.pdf](http://www.globe-eu.org/wp-content/uploads/THE_PERFORMANCE_ECONOMY1.pdf)
- Silva C., Saldanha Matos, J., & Rosa, M. J. (2016). Performance indicators and indices of sludge management in urban wastewater treatment plants. *Journal of Environmental Management*, 184, 307-317. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.09.056>
- Tavares R. (2014), Gestão de lamas de depuração provenientes de ETAR: compostagem, valorização agrícola e aterro. (Dissertação de Mestrado não publicada). Universidade do Minho, Braga, Portugal, 277. Disponível em: <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/35557>
- Turovskiy, I. S., & Mathai, P. K. (2006). Wastewater Sludge Processing. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey. 354. ISBN-13: 978-0-471-70054-8
- UNEP. (2006). Circular Economy: An alternative for economic development, 1-8. Paris: UNEP DTIE.
- US EPA. (2002). Use of Composting for Biosolids Management, 10. Washington, D.C. United States Environmental Protection Agency. Disponível em: <https://www.epa.gov/biosolids/use-composting-biosolids-management>

- Wüstenhagen, R., Wolsink, M., & Bürer, M.J. (2007). Social acceptance of renewable energy innovation: An introduction to the concept. *Energy Policy*, 35 (5), 2683–2691. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2006.12.001>
- Zuo, J., Zillante, G., Wilson, L., Davidson, K., & Pullen, S. (2012). Sustainability policy of construction contractors: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16 (6), 3910-3916. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.03.011>

## 7. Anexos

Esta secção foi retirada do “Guia de avaliação da qualidade dos serviços de águas e resíduos prestados aos utilizadores – 3ª geração do sistema de avaliação” (LNEC & ERSAR, 2018).

No âmbito do presente sistema de avaliação da qualidade do serviço, o perfil da entidade gestora e do sistema de águas residuais são caracterizados através das seguintes variáveis:

| Código da Variável | Descrição                                                                                 | Explicação                                                                                                                                                                                                                  |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| dAR01b             | Identificação da entidade gestora                                                         | Designação oficial completa e endereço da sede da entidade gestora                                                                                                                                                          |
| dAR02b             | Modelo de gestão                                                                          | Modelo de gestão adotado                                                                                                                                                                                                    |
| dAR03b             | Composição acionista                                                                      | Entidades detentoras do capital realizado pela entidade gestora e respectivas percentagens, quando aplicável                                                                                                                |
| dAR04b             | Período de vigência do contrato                                                           | Ano inicial e final do período abrangido pelo contrato, quando aplicável                                                                                                                                                    |
| dAR05b             | Utilizador do(s) sistema(s) em alta                                                       | Sistema(s) em alta a que o sistema em baixa se encontra ligado                                                                                                                                                              |
| dAR06b             | Entidades gestoras para quem exporta água residual                                        | Identificação de outras entidades gestoras (de sistemas em alta ou em baixa) para quem é exportada água residual bruta ou tratada.                                                                                          |
| dAR07b             | Entidades gestoras a quem importa água residual                                           | Identificação de outras entidades gestoras (de sistemas em alta ou em baixa) a quem importa água residual bruta ou tratada.                                                                                                 |
| dAR08b             | Juntas de freguesia que prestam o serviço ao abrigo de um protocolo/contrato              | Identificação das juntas de freguesia que prestam o serviço na área de intervenção da entidade gestora ao abrigo de um protocolo/contrato de delegação de competências celebrado com o município.                           |
| dAR09b             | Entidade responsável pela gestão de soluções individuais de saneamento de águas residuais | Identificação da entidade titular responsável pela gestão de soluções individuais de saneamento de águas residuais na área de intervenção da entidade gestora, quando a entidade titular e a entidade gestora não coincidem |
| dAR10b             | Pessoal afeto ao serviço de saneamento de águas residuais                                 | Número total equivalente de empregados a tempo inteiro da entidade gestora afetos ao serviço de saneamento de águas residuais.                                                                                              |

| Código da Variável | Descrição                                                                                                                     | Explicação                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| dAR11b             | Pessoal em outsourcing afeto ao serviço de saneamento de águas residuais                                                      | Número de pessoas equivalentes a tempo inteiro afetas a serviços externos relacionados como atividade corrente numa perspectiva de continuidade, relativamente à atividade de saneamento de águas residuais.                                                                                                                                                                         |
| dAR12b             | Alojamentos com serviço efetivo                                                                                               | Número de alojamentos com serviço efetivo na área de intervenção da entidade gestora do sistema de saneamento de águas residuais                                                                                                                                                                                                                                                     |
| dAR13b             | Alojamentos com serviço disponível não efetivo                                                                                | Número de alojamentos localizados na área de intervenção da entidade gestora para os quais existem infraestruturas em alta não ligadas mas com possibilidade de ligação ao sistema em baixa.                                                                                                                                                                                         |
| dAR14b             | Alojamentos servidos por soluções individuais de saneamento de águas residuais controladas em locais sem rede fixa disponível | Número de alojamentos localizados na área de intervenção da entidade gestora com soluções individuais de saneamento de águas residuais (ex. fossas sépticas) para os quais o serviço de remoção de lamas e ou de efluentes é prestado pela entidade gestora através de meios móveis próprios e ou de terceiros.                                                                      |
| dAR15b             | Alojamentos servidos por soluções individuais de saneamento de águas residuais controladas em locais com rede fixa disponível | Número de alojamentos localizados na área de intervenção da entidade gestora que não se encontram ligados à rede pública disponível e que dispõem de soluções individuais de saneamento de águas residuais (ex. fossas sépticas), para os quais o serviço de remoção de lamas e/ou de efluentes é prestado pela entidade gestora através de meios móveis próprios e/ou de terceiros. |
| dAR16b             | Alojamentos servidos por soluções individuais de saneamento de águas residuais                                                | Número de alojamentos localizados na área de intervenção da entidade gestora com soluções individuais de saneamento de águas residuais (ex. fossas sépticas) para os quais o serviço de remoção de lamas e/ou de efluentes é prestado pela entidade gestora através de meios móveis próprios e/ou de terceiros.                                                                      |

| Código da Variável | Descrição                                                             | Explicação                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|--------------------|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| dAR17b             | Alojamentos com sistema de drenagem disponível e sem tratamento       | Número de alojamentos localizados na área de intervenção da entidade gestora para os quais as redes públicas de recolha e drenagem se encontram disponíveis e operacionais, mas para os quais não existe tratamento das águas residuais no próprio sistema nem as águas residuais são devidamente encaminhadas para uma segunda entidade gestora. |
| dAR18b             | Alojamentos existentes                                                | Número total de alojamentos existentes na área de intervenção da entidade gestora do sistema de saneamento de águas residuais. Este dado é referente ao número de alojamentos familiares clássicos publicado pelo Instituto Nacional de Estatística.                                                                                              |
| dAR19b             | Tipologia da área de intervenção                                      | Classificação da área de intervenção da entidade gestora quanto à tipologia da área urbana dos respetivos concelhos                                                                                                                                                                                                                               |
| dAR20b             | Comprimento total de coletores                                        | Comprimento total dos coletores geridos pela entidade gestora                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| dAR21b             | Comprimento total de coletores pseudo-separativos ou unitários        | Comprimento total dos coletores pseudo-separativos ou unitários geridos pela entidade gestora.                                                                                                                                                                                                                                                    |
| dAR22b             | Comprimento total de coletores separativos de águas residuais urbanas | Comprimento total dos coletores separativos de águas residuais urbanas geridos pela entidade gestora.                                                                                                                                                                                                                                             |
| dAR23b             | Comprimento total de coletores separativos de águas pluviais          | Comprimento total dos coletores separativos de águas pluviais geridos pela entidade gestora.                                                                                                                                                                                                                                                      |
| dAR24b             | Comprimento médio de coletores                                        | Um quinto da soma, para os últimos 5 anos, do comprimento de coletores com idade superior a 10 anos.                                                                                                                                                                                                                                              |
| dAR25b             | Coletores reabilitados nos últimos cinco anos                         | Comprimento de coletores com idade superior a 10 anos que foram reabilitados nos últimos 5 anos.                                                                                                                                                                                                                                                  |
| dAR26b             | Ramais de ligação                                                     | Número total de ramais de ligação em serviço.                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| dAR27b             | Estações elevatórias                                                  | Número de estações elevatórias sob responsabilidade da entidade gestora                                                                                                                                                                                                                                                                           |

| Código da Variável | Descrição                                                | Explicação                                                                                                                                                                                                                                  |
|--------------------|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| dAR28b             | Estações de tratamento de águas residuais                | Número de estações de tratamento de águas residuais sob responsabilidade da entidade gestora, incluindo as que têm menos de um ano de exploração e as que estão em remodelação.                                                             |
| dAR29b             | Fossas sépticas coletivas                                | Número de fossas sépticas coletivas sob responsabilidade da entidade gestora.                                                                                                                                                               |
| dAR30b             | Instalações de tratamento com licença de descarga válida | Número de instalações de tratamento de águas residuais, sob responsabilidade da entidade gestora, com licença de descarga válida, incluindo as instalações de tratamento com menos de um ano de exploração e as instalações em remodelação. |
| dAR31b             | Sobreutilização de estações de tratamento                | Somatório, para as estações de tratamento, da capacidade de tratamento instalada correspondente aos dias em que os volumes diários de tratamento ultrapassam 95% da capacidade de tratamento.                                               |
| dAR32b             | Subutilização de estações de tratamento                  | Somatório, para as estações de tratamento, da capacidade de tratamento instalada correspondente aos dias em que os volumes diários de água residual são inferiores a $70/S(^{\circ})\%$ da capacidade de tratamento.                        |
| dAR33b             | Utilização adequada de estações de tratamento            | Somatório da capacidade de tratamento instalada correspondente aos dias em que as estações de tratamento de águas residuais não estiveram a operar em situação de subutilização ou de sobreutilização                                       |
| dAR34b             | Capacidade total das estações de tratamento              | Somatório da capacidade de tratamento instalada em todas as estações de tratamento de águas residuais para a totalidade do período de referência.                                                                                           |
| dAR35b             | População equivalente de dimensionamento                 | Total de população equivalente a servir admitida no dimensionamento da instalação de tratamento.                                                                                                                                            |
| dAR36b             | Emissários submarinos                                    | Número de emissários submarinos sob a responsabilidade da entidade gestora                                                                                                                                                                  |

| Código da Variável | Descrição                                                      | Explicação                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|--------------------|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| dAR37b             | Descarregadores de emergência                                  | Número de descarregadores de emergência localizados em instalações elevatórias com capacidade instalada igual ou superior a 20 l/s (72 m <sup>3</sup> /h) e em instalações de tratamento dimensionadas para uma população equivalente igual ou superior a 10 000 e.p..                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| dAR38b             | Descarregadores de emergência não monitorizados                | Número de descarregadores de emergência de instalações elevatórias com capacidade instalada igual ou superior a 20 l/s (72 m <sup>3</sup> /h) e de instalações de tratamento de águas residuais dimensionadas para uma população equivalente igual ou superior a 10 000 e.p. que não possuem monitorização diária de descargas.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| dAR39b             | Descarregadores de emergência com funcionamento insatisfatório | <p>Número de descarregadores de emergência existentes em instalações elevatórias com capacidade instalada igual ou superior a 20 l/s (72 m<sup>3</sup>/h) e instalações de tratamento de águas residuais dimensionadas para uma população equivalente igual ou superior a 10 000 e.p. que possuem monitorização diária de descargas e onde o número anual de descargas, para condições normais de funcionamento, é superior a:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 30 por ano, caso o meio recetor seja não sensível;</li> <li>- 10 por ano, caso o meio recetor seja não sensível mas possa ser utilizado para fins recreativos ou atravesse zonas públicas de passeio;</li> <li>- 6 por ano, caso o meio recetor seja sensível;</li> <li>- 3 por época balnear, caso o meio recetor possa ser utilizado para atividades balneares.</li> </ul> <p>Caso o descarregador possua licença de descarga, deverão ser cumpridas as condições aí definidas.</p> |

| Código da Variável | Descrição                                                      | Explicação                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|--------------------|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| dAR40b             | Índice de conhecimento infraestrutural                         | O índice de conhecimento infraestrutural (ICI) tem como objetivo avaliar o conhecimento que a entidade gestora detém das infraestruturas do serviço de saneamento de águas residuais existentes na sua área de intervenção. É determinado através da soma da pontuação de cada classe em análise, sendo atribuído um número predefinido de pontos a cada questão, podendo variar entre 0 e 200 |
| dAR41b             | Índice de gestão patrimonial de infraestruturas                | O índice de gestão patrimonial de infraestruturas (IGPI) é determinado através da soma da pontuação atribuída a um conjunto de questões com vista à avaliação da gestão patrimonial de infraestruturas (GPI) na entidade gestora, podendo variar entre 0 e 200.                                                                                                                                |
| dAR42b             | Valor atual da rede                                            | Valor do equivalente moderno líquido da rede calculado da seguinte forma                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| dAR43b             | Custo de substituição                                          | Custo de substituir a rede por outra com as mesmas características, sendo calculado da seguinte forma                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| dAR44b             | Inundações                                                     | Número de ocorrências de inundação em propriedades e/ou na via pública com origem na rede pública de coletores.                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| dAR45b             | Colapsos estruturais em coletores                              | Número de colapsos estruturais ocorridos em coletores.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| dAR46b             | Análises requeridas                                            | Número total de análises requeridas na licença de descarga.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| dAR47b             | Análises realizadas                                            | Número total de análises realizadas às águas residuais de entre as requeridas na licença de descarga.                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| dAR48b             | Equivalente de população com tratamento satisfatório           | Soma do equivalente de população que é servido com estações de tratamento assegurando o cumprimento da licença de descarga.                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| dAR49b             | Equivalente de população servido por instalações de tratamento | Equivalente de população que é servido por instalações de tratamento da responsabilidade da entidade gestora.                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| dAR50b             | Água residual recolhida                                        | Volume total anual de águas residuais recolhidas.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

| Código da Variável | Descrição                                        | Explicação                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|--------------------|--------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| dAR51b             | Água residual bruta exportada                    | Volume total anual de água residual bruta exportada para outras entidades gestoras (de sistemas em alta ou em baixa) para tratamento.                                                                                                                                                                                                                                     |
| dAR52b             | Água residual bruta importada                    | Volume total anual de água residual bruta importada de outras entidades gestoras (de sistemas em alta ou em baixa) para tratamento.                                                                                                                                                                                                                                       |
| dAR53b             | Água residual tratada em estações de tratamento  | Volume de águas residuais que são tratadas em estações de tratamento de águas residuais sob responsabilidade da entidade gestora.                                                                                                                                                                                                                                         |
| dAR54b             | Água residual faturada                           | Volume de águas residuais que é faturado aos utilizadores                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| dAR55b             | Água residual tratada exportada                  | Volume de águas residuais tratadas em estações de tratamento de águas residuais sob responsabilidade da entidade gestora e que é fornecido a outras entidades para serem reutilizadas.                                                                                                                                                                                    |
| dAR56b             | Água residual tratada utilizada para uso próprio | Volume de águas residuais tratadas em estações de tratamento de águas residuais sob responsabilidade da entidade gestora e que é utilizado para uso próprio.                                                                                                                                                                                                              |
| dAR57b             | Água residual tratada importada                  | Volume de águas residuais tratadas em estações de tratamento de águas residuais sob responsabilidade de outra(s) entidade(s) gestora(s) e que é utilizado para uso próprio da entidade gestora.                                                                                                                                                                           |
| dAR58b             | Índice de medição de caudais                     | O índice de medição de caudais (IMC) tem como objetivo avaliar se todos os pontos considerados relevantes para a otimização da gestão do funcionamento do sistema estão dotados de medidor de caudal. É determinado através da soma da pontuação de cada classe em análise, sendo atribuído um número predefinido de pontos a cada questão, podendo variar entre 0 e 200. |
| dAR59b             | Produção própria de energia                      | percentagem entre a energia que é produzida internamente pela entidade gestora nas instalações afetas ao serviço de abastecimento de água e a energia consumida                                                                                                                                                                                                           |

| Código da Variável | Descrição                                                                                | Explicação                                                                                                                                                              |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| dAR60b             | Consumo de energia                                                                       | Energia consumida pela entidade gestora para a operação do sistema de águas residuais.                                                                                  |
| dAR61b             | Consumo de energia para bombeamento                                                      | Energia total consumida em instalações de bombeamento de água residual (excluindo as instalações de bombeamento particulares).                                          |
| dAR62b             | Fator de uniformização                                                                   | Somatório do fator de uniformização de todas as instalações elevatórias.                                                                                                |
| dAR63b             | Lamas líquidas ou espessadas entregues em ETAR de outra entidade gestora para tratamento | Peso total das lamas líquidas ou espessadas entregues em instalações de tratamento de águas residuais de outra entidade gestora para tratamento.                        |
| dAR64b             | Lamas desidratadas entregues a operador licenciado                                       | Peso total das lamas desidratadas escoadas das instalações de tratamento e entregues a operador licenciado.                                                             |
| dAR65b             | Lamas líquidas ou espessadas escoadas das instalações de tratamento                      | Peso total das lamas líquidas ou espessadas escoadas das instalações de tratamento do sistema.                                                                          |
| dAR66b             | Lamas desidratadas escoadas das instalações de tratamento                                | Peso total das lamas desidratadas escoadas das instalações de tratamento do sistema.                                                                                    |
| dAR67b             | Reclamações e sugestões                                                                  | Número total de reclamações e sugestões escritas relativas ao serviço de águas residuais.                                                                               |
| dAR68b             | Respostas a reclamações e sugestões                                                      | Número de respostas escritas, emitidas num prazo não superior ao prazo legal, a reclamações e sugestões escritas relativas ao serviço de saneamento de águas residuais. |
| dAR69b             | Certificação de sistemas de gestão ambiental                                             | Especificação de certificação relativa à atividade de saneamento de águas residuais da entidade gestora segundo a Norma ISO 14001 ou similar                            |
| dAR70b             | Certificação de sistemas de gestão de qualidade                                          | Especificação de certificação relativa à atividade de saneamento de águas residuais da entidade gestora segundo a Norma ISO 9001 ou similar                             |
| dAR71b             | Certificação de sistemas de gestão da segurança e saúde no trabalho                      | Especificação de certificação relativa à atividade de saneamento de águas residuais da entidade gestora segundo a Norma OHSAS 18001 ou similar                          |

| <b>Código da Variável</b> | <b>Descrição</b>                                                     | <b>Explicação</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|---------------------------|----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| dAR72b                    | Certificação energética                                              | Especificação de certificação relativa à atividade de saneamento de águas residuais da entidade gestora segundo a Norma 50001                                                                                                                                                                                                           |
| dAR73b                    | Certificação de gestão de ativos                                     | Especificação de certificação relativa à atividade de saneamento de águas residuais da entidade gestora segundo a Norma 55000                                                                                                                                                                                                           |
| dAR74b                    | Outras certificações                                                 | Especificação de outras certificações relativas à atividade de saneamento de águas residuais da entidade gestora                                                                                                                                                                                                                        |
| dAR75b                    | Plano de ação para o controlo de infiltrações e afluências indevidas | Especificação de um plano de ação para o controlo de infiltrações e afluências indevidas                                                                                                                                                                                                                                                |
| dAR76b                    | Plano de contingência                                                | Especificação de um plano de contingência relativo à atividade de saneamento de águas residuais para fazer face a situações de emergência                                                                                                                                                                                               |
| dAR77b                    | Plano de eficiência energética                                       | Especificação de um plano de eficiência energética relativo à atividade de saneamento de águas residuais                                                                                                                                                                                                                                |
| dAR78b                    | Plano de segurança de saneamento                                     | Especificação de plano de segurança de saneamento (PSS) relativo à atividade de saneamento de águas residuais                                                                                                                                                                                                                           |
| dAR79b                    | Rendimentos tarifários                                               | Rendimentos operacionais resultantes da aplicação de tarifas fixas, variáveis e serviços auxiliares, pela prestação do serviço de saneamento de águas residuais, no ano em análise.                                                                                                                                                     |
| dAR80b                    | Outros rendimentos                                                   | Rendimentos operacionais (que não decorrem da aplicação de tarifas fixas, tarifas variáveis e serviços auxiliares), financeiros e extraordinários inerentes à prestação do serviço de saneamento de águas residuais, no ano em análise. Não incluiu rendimentos decorrentes de subsídios ao investimento nem de subsídios à exploração. |
| dAR81b                    | Subsídios ao investimento                                            | Rendimentos relativos a subsídios ao investimento inerentes à prestação do serviço de saneamento de águas residuais, reconhecidos no ano em análise.                                                                                                                                                                                    |

| Código da Variável | Descrição                                                    | Explicação                                                                                                                                                                                               |
|--------------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| dAR82b             | Gastos totais                                                | Gastos totais (administrativos, operacionais, financeiros e outros) incorridos, no ano em análise, relativos ao serviço de saneamento de águas residuais.                                                |
| dAR83b             | Encargo médio com o serviço de saneamento de águas residuais | Valor dos encargos anuais suportados por um agregado familiar pelo serviço em alta de saneamento de águas residuais relativo ao consumo de 120 m <sup>3</sup> de água na área de intervenção do sistema. |
| dAR84b             | Rendimento médio disponível familiar                         | Valor dos encargos anuais suportados por um agregado familiar pelo serviço de saneamento de águas residuais relativo ao consumo de 120 m <sup>3</sup> de água na área de intervenção do sistema.         |