U.PORTO

FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA UNIVERSIDADE DO PORTO

MESTRADO EM ENGENHARIA DO AMBIENTE 2021/2022

MONITORIZAÇÃO E ALARGAMENTO DO TRATAMENTO LOCAL DE BIORRESÍDUOS NA CIDADE DO PORTO

ANA MARGARIDA FREITAS FONSECA

Dissertação submetida para obtenção do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA DO AMBIENTE

Presidente do Júri:
Adrián Manuel Tavares Silva
(Professor Associado do Departamento de Engenharia Química, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto)

Orientador Académico:
Joana Maia Moreira Dias
(Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto)

Supervisor na Empresa:
Joana Cristina Maravilhas Soares Campos
(Técnica Superior no Departamento de Planeamento, Investigação e Desenvolvimento da Porto Ambiente)

Julho de 2022

Agradecimentos

Marcando esta dissertação o final deste percurso académico, existem uma série de pessoas que merecem o meu mais sincero obrigado.

À Professora Doutora Joana Dias, minha orientadora académica durante a realização desta dissertação, agradeço a disponibilidade, atenção e diversas sugestões apresentadas ao longo deste percurso. Mais, à Professora Joana Dias agradeço o conhecimento transmitido ao longo de todo o meu percurso académico, e a ela devo principalmente o gosto pela área da gestão de resíduos.

À Engenheira Joana Campos da Porto Ambiente, minha orientadora empresarial, agradeço toda a ajuda fornecida, todos os conhecimentos transmitidos, pelo acompanhamento contínuo e disponibilidade que sempre demonstrou.

Não poderia deixar de agradecer ao Engenheiro Hélder Claro, bem como a todos da Porto Ambiente, por me terem recebido da melhor forma e por toda a disponibilidade demonstrada.

Aos amigos que a faculdade me deu, obrigada por todos os momentos de amizade, alegria e também desespero que partilhamos ao longo do curso.

À Catarina, Diana, Rita, Diogo e Fred, que já me acompanharam ao longo de tanto, por serem o melhor apoio e a melhor segunda família do mundo.

Ao André, por ser tanto, por ter tido a paciência de lidar com todos os meus momentos de stress em todo o meu percurso académico, e por nunca me ter deixado desistir.

Aos meus pais, por todo o apoio e carinho demonstrado não só no meu percurso académico, mas ao longo de toda a minha vida.

Aos meus avós, à minha madrinha, à Diana e ao Duarte, por estarem sempre presentes e por me apoiarem em todas as minhas decisões.

Aos meus bisavós Adélia e Joaquim, que muito queria que celebrassem o final deste percurso comigo. Espero que estejam orgulhosos de mim.

A todos, o meu maior e mais sincero obrigada!

A Professora Joana Maia Dias, orientadora desta dissertação, é membro integrado do LEPABE – Laboratório de Engenharia de Processos, Ambiente Biotecnologia e Energia, suportado financeiramente por: LA/P/0045/2020 (ALiCE), UIDB/00511/2020 e UIDP/00511/2020 (LEPABE), financiado por fundos nacionais através da FCT/MCTES (PIDDAC).

FCT Fundação para a Ciência e a Tecnologia
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E ENSINO SUPERIOR

REPÚBLICA PORTUGUESA

Resumo

A adequada gestão da fileira dos biorresíduos (resíduos orgânicos biodegradáveis) é da maior importância por questões de natureza ambiental, social e económica, sendo que a atual legislação preconiza a obrigação do desvio destes de aterro até 2030. Adicionalmente, até 31 de dezembro de 2023, os sistemas de gestão de resíduos urbanos devem adotar as medidas necessárias para possibilitar a sua separação e reciclagem na origem ou a sua recolha seletiva e posterior transporte para instalações de reciclagem.

O presente estudo, desenvolvido em ambiente empresarial na Empresa Municipal de Ambiente do Porto, E.M., S.A – Porto Ambiente, teve como objetivo analisar o alargamento do Tratamento Local de Biorresíduos no município do Porto, bem como a sua monitorização, contribuindo assim para uma melhoria do desempenho do município nesta matéria.

No estudo foi realizado um levantamento detalhado dos aspetos técnicos e legais referentes à gestão dos biorresíduos assim como realizada uma caracterização, o mais completa possível, da situação atual no que diz respeito ao tratamento local comunitário dos biorresíduos, em Portugal e internacionalmente.

Após o estudo das tecnologias já existentes no município, bem como de tecnologias alternativas de tratamento local (características técnicas, vantagens e desvantagens), foi selecionada como a opção mais favorável o alargamento do tratamento local de biorresíduos no município do Porto através das ilhas de compostagem, solução atualmente em curso, com duas unidades instaladas na cidade.

Por forma a estudar a adequabilidade para a implementação do tratamento local, tendo por base a informação das soluções atualmente implementadas e com recurso a sistemas de informação geográfica e visualização de mapas e de imagens satélite foram analisadas diversas áreas no município tendo por base numa primeira fase as características do alojamento e a presença de áreas ajardinadas. No total foram identificados 31 locais compreendidos em 13 áreas distintas com as características apresentadas, tendo estes sido submetidos a uma análise com critérios de refinação (espaço, acessos, áreas verdes, sombra, acesso a água e outros) por forma a identificar os mais favoráveis para a instalação das respetivas ilhas.

Após refinação, identificaram-se 12 locais com condições apropriadas à instalação de ilhas de compostagem, adjacentes às 12 áreas selecionadas inicialmente. A última área estudada foi desconsiderada por falta de espaço para a implementação do tratamento

local. Para todos os locais analisados foram criadas fichas com informação detalhada que auxiliará o desenvolvimento dos trabalhos futuros. Foi também realizada uma análise da operação e resultados das atuais soluções de tratamento comunitário.

Para os 12 locais apresentados, considerando uma taxa de adesão às ilhas de cerca de 17% (1255 habitantes), uma capitação anual no município do Porto de 676 kg/hab e que a fração dos biorresíduos representa cerca de 37% do total de resíduos produzidos, através da implementação desta tecnologia será possível desviar de aterro e valorizar localmente cerca de 314 toneladas de biorresíduos anualmente.

Por fim, definiram-se as condições de monitorização das ilhas de compostagem já existentes no município e elaborou-se um plano de monitorização para as novas localizações de ilhas de compostagem apresentadas; neste, considerou-se a visita de um técnico de compostagem a cada ilha de compostagem duas vezes por semana.

Espera-se que o presente estudo sirva de base, a curto prazo, para o alargamento das soluções de tratamento local de biorresíduos no município do Porto, contribuindo para o cumprimento das metas estabelecidas e para um melhor desempenho ambiental, social e económico da cidade, em matéria de gestão de resíduos.

Abstract

The proper management of bio-waste (biodegradable organic waste) is of utmost importance for environmental, social and economic reasons, and the current legislation includes the obligation to divert bio-waste from landfills by 2030. Additionally, until December 31st of 2023, municipal waste management systems must adopt the necessary measures to enable their separation and recycling at source or their selective collection and subsequent transport to recycling facilities.

The present study, developed in a business environment at Empresa Municipal de Ambiente do Porto, E.M., S.A – Porto Ambiente, aimed to analyze the expansion of the Local Treatment of bio-waste in the municipality of Porto, as well as its monitoring, thus contributing to an improvement of the performance of the municipality in this matter.

The study carried out a detailed survey of the technical and legal aspects regarding the management of bio-waste as well as a characterization, as complete as possible, of the current situation of the local treatment (at a community level) of bio-waste, in Portugal and internationally.

After studying existing technologies in the municipality, as well as alternative technologies for local treatment (technical characteristics, advantages and disadvantages), the extension of the bio-waste treatment in the municipality of Porto through composting islands was selected as the most favorable option, solution currently in practice, with two units installed in the city.

In order to study the suitability for the implementation of local treatment, based on the information of the solutions currently implemented and with the use of geographic information systems and visualization of maps and satellite images, several areas in the municipality were analyzed based on a first phase the characteristics of the housing and the presence of garden/green areas. In total, 31 sites were identified, comprising 13 different areas with the characteristics presented, which were subjected to an analysis with refining criteria (space, accesses, green areas, shade, access to water and others) in order to identify the most favorable for the installation of the respective islands.

After refining, 12 sites were identified with appropriate conditions for the installation of composting islands, adjacent to the 12 initially selected areas. The last area studied was disregarded due to lack of space for the implementation of local treatment. For all the analyzed sites, sheets were created with detailed information that will help the

development of future works. An analysis of the operation and results of current community treatment solutions was also carried out.

For the 12 sites presented, considering a rate of adherence to the islands of around 17% (1255 inhabitants), an annual waste production per capita in the municipality of Porto of 676 kg/inhab and that the fraction of bio-waste represents about 37% of the total waste produced, through the implementation of this technology it will be possible to divert from landfills and locally recover around 314 tons of bio-waste annually.

Finally, the conditions for monitoring the composting islands that already exist in the municipality were defined and a monitoring plan was prepared for the new locations of the presented compost islands; in this the visit of a composting technician to each composting island twice a week was considered.

It is expected that the present study will serve as a basis, in the short term, for the expansion of local bio-waste treatment solutions in the municipality of Porto, contributing to the fulfillment of the established goals and to a better environmental, social and economic performance of the city, on waste management.

Índice

Capítulo 1 - Introdução 1
1.1 Conceito de Resíduo, Resíduo Urbano e Biorresíduo 3
1.2 Gestão de Resíduos Urbanos em Portugal 4
1.2.1 Produção de Resíduos Urbanos 4
1.2.2 Composição Física dos Resíduos Urbanos 5
1.2.3 Operações de Gestão de Resíduos Urbanos 5
1.2.4 Destino Final 6
1.3 Biorresíduos de Origem Urbana: Gestão e Valorização 9
1.4 Objetivos 12
1.5 Estrutura do Documento 12
Capítulo 2 - Enquadramento Teórico 13
2.1 Enquadramento Legal 13
2.1.1 Diretiva-Quadro dos Resíduos 14
2.1.2 Regime Geral de Gestão de Resíduos 15
2.1.3 Plano Nacional de Gestão de Resíduos 17
2.1.4 Plano Estratégico para os Resíduos Urbanos 2020+/2030 18
2.2 Tratamento Local de Biorresíduos (Doméstico e Comunitário) 20
2.2.1 Compostagem 20
2.2.2 Tratamento Local 22
2.2.3 Ilhas de Compostagem 23
2.2.4 Outras Soluções para a Compostagem Doméstica e Comunitária 26
2.2.5 Composto 33
2.3 Benchmarking – Tratamento de Biorresíduos de Origem Urbana /Recolha Seletiva 34
2.3.1 Situação Nacional 34
2.3.2 Situação Internacional 37
Capítulo 3 - Contexto da Investigação 41
3.1 Porto Ambiente 41
3.1.1 Projeto Orgânico 42
3.1.2 Ilhas de Compostagem 44
3.1.3 Outras Soluções de Recolha e Tratamento 46
3.2 Apresentação do Caso de Estudo 47
3.2.1 Área de Implementação do Estudo 47
3.2.2 Caracterização Habitacional do Município 48

3.2.3 Produção de Resíduos no Município 50
3.2.4 Sistemas de Deposição e Recolha de RU no Município do Porto 52
3.3 Metodologia 54
3.3.1 Critérios de Seleção das Áreas a Instalar o Tratamento Local 54
3.3.2 Estudo de Localizações de Instalação do Tratamento Local 55
Capítulo 4 - Resultados e Discussão 57
4.1 Seleção da Solução de Tratamento local 57
4.2 Áreas Propostas para a Instalação de Ilhas de Compostagem 58
4.3 Localização Específica do Tratamento Local a Instalar 61
4.4 Construção da Solução de Tratamento Local 64
4.5 Investimento na Instalação das Ilhas de Compostagem 67
4.6 Monitorização das Ilhas de Compostagem Instaladas no Município 70
4.7 Plano de Monitorização das Ilhas de Compostagem 72
Capítulo 5 - Conclusões 75
Capítulo 6 - Recomendações para Trabalhos Futuros 77
Referências 78
Anexo A - História da Compostagem 84
Anexo B - Parâmetros de Controlo do Processo de Compostagem e Composto 86
Anexo C – Resíduos Admissíveis e não Admissíveis no Contentor Orgânico 90
Anexo D – Resíduos Admissíveis e não Admissíveis nas Ilhas de Compostagem 91
Anexo E – Plantas do Município do Porto, representando as diferentes opções de tratamento e recolha de biorresíduos já implementadas, e planta total com áreas propostas. 92
Anexo F – Tabelas com Análise Multicritério dos Diferentes Locais Estudados 96
Anexo G – Fichas de Avaliação dos Locais Propostos para Instalação do Tratamento Local 98
Anexo H.1 – Temperaturas Registadas nos Diferentes Módulos da Ilha de Compostagem Instalada no Amial 129
Anexo H.2 – Temperaturas Registadas nos Diferentes Módulos da Ilha de Compostagem Instalada em Paranhos 131

Índice de Figuras

Figura 1.1: Distribuição do tipo de recolha de Resíduos Urbanos entre 2010 e 2020. Fonte: Adaptado de APA (2021a). 4
Figura 1.2: Composição física (%m/m) dos resíduos Urbanos em Portugal Continental no ano de 2020. Fonte: Adaptado de APA (2021a). 5
Figura 1.3: Contribuição dos diferentes destinos relacionados com o encaminhamento direto de RU entre 2010 e 2020. Fonte: Adaptado de APA (2021a). 8
Figura 1.4: Destinos finais dos RU entre os anos de 2018 e 2020. Fonte: Adaptado de APA (2021a). 9
Figura 1.5: Caracterização física da recolha seletiva de biorresíduos em Portugal Continental para o ano de 2020. Fonte: Adaptado de APA (2021c). 11
Figura 1.6: Quantidade de Resíduos Urbanos Biodegradáveis (RUB) encaminhados para aterro no período de 2010 a 2020. Fonte: Adaptado de REA (2021a). 11
Figura 2.1: Esquema do processo de compostagem. Fonte: Adaptado de Liliana Lopes Sequeira (2013). 21
Figura 2.2: Esquema Resumo das tecnologias de compostagem mais comuns. Fonte: Adaptado de Mariana Luzia Silva Costa (2014). 22
Figura 2.3: Representação esquemática do processo nas ilhas de compostagem. Fonte: Adaptado de Ramón Plana González Sierre (2019). 24
Figura 2.4: Ciclo de Vida da "Black Soldier Fly". Fonte K.C Surendra (2020). 30
Figura 2.5: Processo de "Takakura Composting Method. Fonte: Fritz Akhmad Nuzir (2019). 32
Figura 3.1: Contentor orgânico distribuído pelo município do Porto. 42
Figura 3.2: Controlo de acesso instalado nos contentores orgânico do município. Fonte: Porto (2021). 42
Figura 3.3: Contentor individual distribuído pela população aderente ao projeto orgânico. Fonte: Porto (2021). 43
Figura 3.4: Ilha de Compostagem do Amial. Fonte: Porto Ambiente (2021b). 44
Figura 3.5: Faixa etária da população do Município do Porto, no ano de 2021, em percentagem. 48
Figura 3.6: Variação dos alojamentos familiares no Município do Porto, entre 2001 e 2011. Fonte: Carlos Oliveira (2018). 49
Figura 3.7: Densidade de alojamentos familiares clássicos de residência habitual no ano de 2011. Fonte: Carlos Oliveira (2018). 49
Figura 3.8: Pontuações atribuídas aos diferentes parâmetros avaliados através da análise multicritério. 57
Figura 4.1: Áreas propostas para implementação do tratamento local de biorresíduos no município do Porto. 58
Figura 4.2: Planta do município do Porto, com indicação das ilhas de compostagem já instaladas, os contentores orgânico distribuídos pela via pública, os locais onde existe recolha seletiva porta-a-porta e as áreas e locais onde se propõe a instalação de novas ilhas de compostagem. 59
Figura 4.3: Locais selecionados com possíveis para a instalação do tratamento local, para cada área selecionada, no município do Porto. 60
Figura 4.4: Ficha de avaliação do local 3.3 em análise 63
Figura 4.5: Locais selecionados para a instalação do tratamento local para as áreas selecionadas 64

Figura 4.6: Medidas de base da instalação de 2 módulos de compostagem. Fonte: Vermican (2020). 65
Figura 4.7: Primeira etapa na instalação dos módulos de compostagem. Fonte: Vermican (2020). 66
Figura 4.8: Segunda etapa na instalação de módulos de compostagem. Fonte: Vermican (2020). 66
Figura 4.9: Terceira etapa na instalação de módulos de compostagem. Fonte: Vermican (2020). 67
Figura 4.10: Quarta etapa na instalação dos módulos de compostagem. Fonte: Vermican (2020). 67
Figura 4.11: Divisão das áreas propostas de instalação em zonas por forma a facilitar a monitorização das ilhas de compostagem. 72

Índice de Tabelas

Tabela 1.1: Produção de Resíduos Urbanos entre 2014 e 2020, em Portugal. Fonte: Adaptado de APA (2021a)..... 4
Tabela 1.2: Número de infraestruturas de gestão de RU em Portugal Continental no ano de 2020. Fonte: Adaptado de APA (2021c)..... 10
Tabela 2.1: Tecnologias de Tratamento Local de Biorresíduos Resultantes da Revisão da Literatura Realizada..... 27
Tabela 2.2: Casos de estudo em desenvolvimento na Europa, na matéria dos biorresíduos. Fonte: Adaptado de APA (2019)..... 40
Tabela 3.1: Evolução da produção de resíduos urbanos da recolha indiferenciada e seletiva entre 2016 e 2018. Adaptado de: Ernest &Young (2019)..... 51
Tabela 3.2: Equipamentos de deposição de resíduos existentes, no ano de 2019, na cidade do Porto. Fonte: Ernest & Young (2019)..... 53
T**abela 4.1:** Número de habitações inseridas nas diferentes áreas selecionadas e estimativa de habitações aderentes à tecnologia de tratamento local em cada área do projeto..... 60
Tabela 4.2: Locais propostos para a instalação do tratamento local, para cada área em estudo 61
Tabela 4.3: Excerto de tabela com a análise multicritério realizada para os locais estudados, apresentada no Anexo F, com realce para as melhores pontuações dos locais nas respetivas áreas..... 62
Tabela 4.4: Comparação do investimento da instalação de ilhas de compostagem com diferentes tecnologias de controlo de acesso..... 69
Tabela 4.5: Parâmetros registados para as ilhas de compostagem no Amial e em Paranhos..... 71
Tabela 4.6: Padrão de monitorização das zonas de instalação de ilhas de compostagem..... 74

Nomenclatura

APA – Agência Portuguesa do Ambiente

BSF – *"Black Soldier Fly"*

CH_4 – Metano

CO_2 – Dióxido de Carbono

DL – Decreto-Lei

DQR – Diretiva Quadro dos Resíduos

EMAP – Empresa Municipal de Ambiente do Porto

ERSUC – Resíduos do Centro, Sociedade Anónima

EUA – Estados Unidos da América

GPS – *"Global Positioning System"* – Sistema de Posicionamento Global

ICLET – "*Local Governments for sustainability*"

LIPOR – Serviço Intermunicipalizado de Gestão de Resíduos do Grande Porto

O_2 - Oxigénio

PaP – Porta-a-Porta

PAPERSU - Plano de Ação do Plano Estratégico de Resíduos de Sólidos Urbanos

PAYT – *"Pay as You Throw"*

PDM – Plano Diretor Municipal

PERSU – Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos

PERSU I – Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos I

PERSU 2020 – Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos 2020

PERSU 2020+ - Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos 2020+

PERSU 2030 – Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos 2030

PNGR – Plano Nacional de Gestão de Resíduos

PNGR 2014-2020 – Plano Nacional de Gestão de Resíduos 2014-2020

PNGR 2030 – Plano Nacional de Gestão de Resíduos 2021-2030

RCDA – Resíduos de Construção e Demolição com Amianto

RCD – Resíduos de Construção e Demolição

RGGR – Regime Geral de Gestão de Resíduos

RUB – Resíduos Urbanos Biodegradáveis

RU – Resíduos Urbanos

SGRU – Sistema Geral de Gestão de Resíduos Urbanos

SUMA – Serviços Urbanos e Meio Ambiente

TCM – *"Takakura Composting Method"*

TM – Tratamento Mecânico

TMB – Tratamento Mecânico e Biológico

UE – União Europeia

VALORSUL – Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos das Regiões de Lisboa e do Oeste, S. A

Capítulo 1 - Introdução

A produção de resíduos é uma consequência do uso de recursos nas atividades socioeconómicas que caracterizam o nosso quotidiano. Os resíduos têm origem nas várias fases do metabolismo socioeconómico, desde que são extraídos da natureza até ao momento em que os materiais e produtos em que se transformam deixam, normalmente, de ter utilidade para o seu consumidor ou detentor (REA, 2021a).

Os resíduos apresentam diferentes tipologias de materiais, propriedades e composições, podendo representar uma problemática não só para o ambiente como para a saúde humana. A implementação de sistemas de gestão de resíduos é fundamental para minimizar os potenciais efeitos negativos dos resíduos no ambiente e na saúde humana e esta gestão abrange diferentes fases, desde a recolha, o transporte, a valorização e/ou a eliminação dos resíduos.

No passado, em particular antes da implementação em 1997 do primeiro plano estratégico para os resíduos urbanos (PERSU I), o destino final mais frequente para os resíduos em Portugal era a deposição, não controlada, no solo - lixeiras, provocando a contaminação dos solos e recursos hídricos, maus odores e tornando-se um foco de doenças (APA, 2021).

Nas últimas décadas, foi estabelecido um enquadramento legal europeu e nacional, tendo pressionado municípios e, por inerência, as próprias populações, a procurar condições e soluções mais adequadas para o tratamento de resíduos. A solução mais comum tornou-se a deposição controlada em aterro, solução mais económica e acessível na altura, no entanto ao longo dos anos, decorrente dos impactes ambientais, sociais e económicos associados, tem-se tornado cada vez mais premente transitar para soluções com um nível hierárquico mais elevado, que se traduzam num mais eficaz uso dos recursos e num menor impacte ambiental.

Em Portugal, cerca de 37% dos resíduos urbanos recolhidos são biorresíduos (resíduos alimentares e de jardim) recolhidos maioritariamente juntamente com a fração indiferenciada (APA, 2019), uma vez que os sistemas de recolha seletiva desta fileira de resíduos ainda encontram muito pouca expressão no país, existindo algumas soluções fundamentalmente para a recolha de resíduos de grandes produtores (mercados, restauração) assim como de alguns resíduos verdes.

De acordo com o Regime Geral de Gestão de Resíduos (RGGR), até 31 de dezembro de 2023 a separação na origem de biorresíduos é obrigatória para o setor de restauração e industrial (*Decreto-Lei n.º 102-D/2020*). Por outro lado, no âmbito dos resíduos urbanos, estabelece-se que, também nesta data, os sistemas municipais asseguram soluções de reciclagem na origem e de recolha seletiva dos biorresíduos e o seu encaminhamento para reciclagem. Como tal, é necessário estabelecer novos e complementares sistemas de recolha e tratamento deste tipo de resíduos.

Atualmente, apresentam-se como soluções de tratamento desta fração a reciclagem por via da compostagem ou da digestão anaeróbia (quer para resíduos recolhidos de forma seletiva ou indiferenciada) e a valorização energética (apenas para a fração indiferenciada).

Apesar de possuir a vantagem de evitar a deposição de resíduos em aterro e de propiciar a valorização energética, a incineração apresenta um nível mais baixo na hierarquia dos resíduos (apresentada em detalhe no capítulo 2.1.1), em particular devido aos impactes ambientais associados, ao baixo poder calorífico destes recursos e ao facto de resultar numa perda do efetivo potencial de reutilização da fração orgânica dos resíduos. Nesta perspetiva, as diferentes tecnologias de valorização orgânica/reciclagem por via biológica, como a compostagem, apresentam-se como uma solução mais apropriada para a gestão dos biorresíduos.

As práticas atuais de gestão de resíduos contemplam necessidades de transporte e tratamento, com custos relevantes associados. Assim, como forma de resolver a problemática dos biorresíduos, importa também intervir em ações que possam conduzir à sua redução e à promoção da sua gestão na fonte, o que conduzirá à redução da quantidade de resíduos a transportar e depois a tratar nos sistemas em alta. Assim, a promoção de práticas de tratamento local, como a compostagem doméstica e comunitária, deve ser realizada.

A compostagem, que pode ser realizada ao nível centralizado, comunitário ou doméstico, é um processo aeróbio de tratamento de biorresíduos, no qual a matéria orgânica é decomposta por microrganismos dando origem a um composto passível de ser utilizado como corretivo de solos. O tratamento local de biorresíduos, em comparação com o tratamento centralizado, permite o tratamento da matéria orgânica no local de geração, apresentando as vantagens anteriormente elencadas. A compostagem doméstica ou comunitária é adequada para locais com aglomerados habitacionais com pequenos jardins e hortas, que possam ter espaço para alocação dos respetivos equipamentos e que

poderão, em particular, utilizar o composto nas suas habitações, contribuindo também para benefícios sociais relevantes.

Nos subcapítulos seguintes discriminam-se, a título introdutório, os principais temas, conceptuais e legais em matéria de gestão de resíduos, referentes ao assunto em estudo.

1.1 Conceito de Resíduo, Resíduo Urbano e Biorresíduo

Do ponto de vista regulamentar, o Decreto-Lei n.º 102-D/2020, de 10 de dezembro, atual Regime Geral de Gestão de Resíduos (RGGR) define resíduo como "Quaisquer substâncias ou objetos de que o detentor se desfaz ou tem a intenção ou a obrigação de se desfazer"(*Decreto-Lei n.º 102-D/2020*).

Em Portugal, a definição de Resíduo Urbano tem evoluído quanto à sua abrangência. Assim, o Decreto-Lei n.º 102-D/2020, define como resíduo urbano o "Resíduo de recolha indiferenciada e de recolha seletiva das habitações, incluindo papel e cartão, vidro, metais, plásticos, biorresíduos, madeira, têxteis, embalagens, resíduos de equipamentos elétricos e eletrónicos, resíduos de pilhas e acumuladores, bem como resíduos volumosos, incluindo colchões e mobiliário e resíduos de recolha indiferenciada e de recolha seletiva provenientes de outras origens, caso sejam semelhantes aos resíduos das habitações na sua natureza e composição" (*Decreto-Lei n.º 102-D/2020*).

Os resíduos urbanos apresentam algumas características que os distinguem dos restantes resíduos, tais como a sua origem e respetiva variabilidade, a quantidade produzida, a composição e os modelos de gestão associados (REA, 2021a).

Os resíduos orgânicos biodegradáveis, tais como os resíduos alimentares e os resíduos verdes são designados por biorresíduos. Estes são assim definidos no Decreto-Lei n.º 102-D/2020, como os " Resíduos biodegradáveis de jardins e parques, os resíduos alimentares e de cozinha das habitações, dos escritórios, dos restaurantes, dos grossistas, das cantinas, das unidades de catering e retalho e os resíduos similares das unidades de transformação de alimentos" (*Decreto-Lei n.º 102-D/2020*).

1.2 Gestão de Resíduos Urbanos em Portugal

1.2.1 Produção de Resíduos Urbanos

Ao longo dos anos, em particular resultado de flutuações socioeconómicas, e mais recentemente da pandemia COVID-19, tem-se verificado uma alteração na quantidade de resíduos produzidos bem como na respetiva capitação diária. Em particular, em 2020 foram produzidas em Portugal 5,279 milhões de toneladas de RU (Tabela 1.1), um valor muito próximo do ano anterior (menos 0,05%), correspondendo a uma produção diária de 1,40 kg por habitante (APA, 2021a).

Tabela 1.1: *Produção de Resíduos Urbanos entre 2014 e 2020, em Portugal. Fonte: Adaptado de APA (2021a)*

Região	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Portugal Continental	4 474	4 523	4 640	4 745	4 945	5 007	5 014
Região Autónoma da Madeira	110	110	119	124	126	129	123
Região Autónoma dos Açores	136	132	132	137	142	146	142
Total	4 719	4 765	4 891	5 007	5 213	5 281	5 279
Variação face ao ano anterior	2%	1%	3%	2%	4%	1%	-0,05%

Unidades: Milhares de toneladas

No que diz respeito à recolha, apesar de se verificar pouca variação ao longo dos anos (Figura 1.1), verifica-se um ligeiro aumento da quantidade de resíduos urbanos recolhida seletivamente, que no ano de 2020 representou 20% dos RU recolhidos (APA, 2021a).

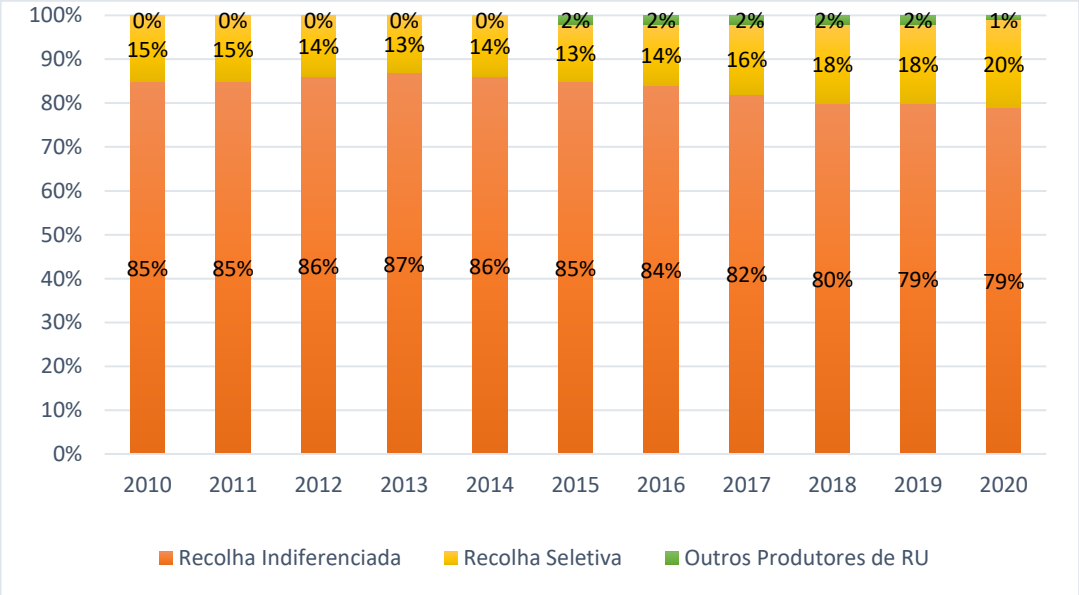


Figura 1.1: *Distribuição do tipo de recolha de Resíduos Urbanos entre 2010 e 2020. Fonte: Adaptado de APA (2021a).*

1.2.2 Composição Física dos Resíduos Urbanos

A Figura 1.2 apresenta, para o ano de 2020, a composição física dos resíduos urbanos recolhidos em Portugal Continental (APA, 2021a).

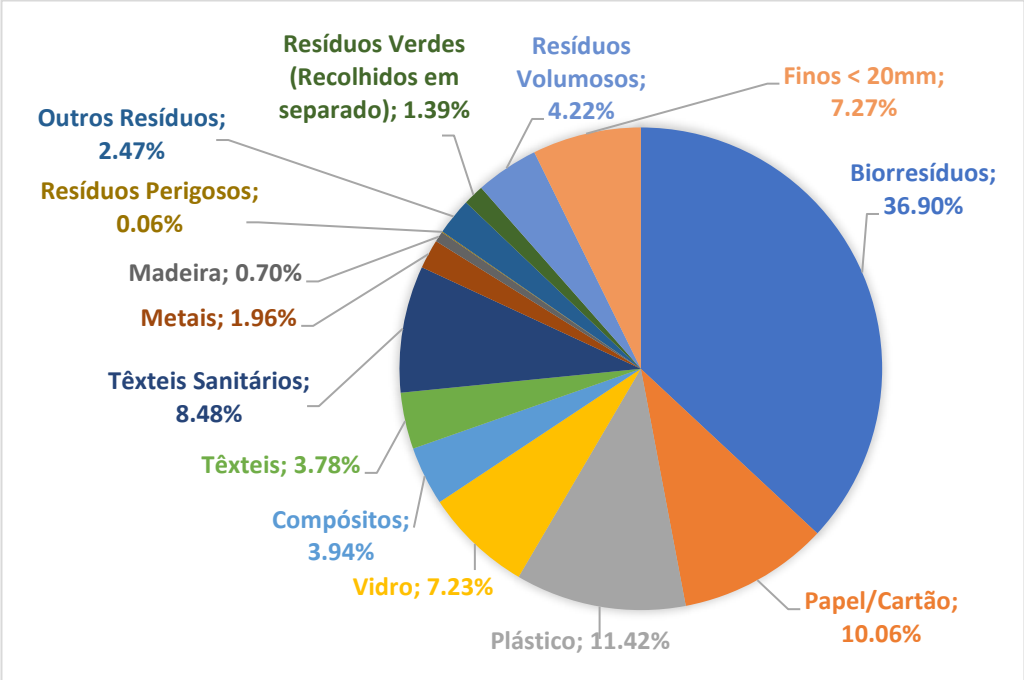


Figura 1.2: *Composição física (%m/m) dos resíduos Urbanos em Portugal Continental no ano de 2020. Fonte: Adaptado de APA (2021a).*

Como é possível observar na Figura 1.2, no ano de 2020 a tipologia de resíduos com mais expressão na recolha são os biorresíduos, que representaram cerca de 37% em massa dos RU recolhidos, seguida da fração do Plástico com cerca de 11%, Papel/Cartão com cerca de 10%, Têxteis sanitários com cerca de 9%, Vidro com cerca de 7% e Finos com cerca de 7% (APA, 2021a).

1.2.3 Operações de Gestão de Resíduos Urbanos

Devido ao panorama atual, com uma elevada produção de resíduos, a gestão destes representa um fator de elevada importância. A gestão de resíduos entende-se como "o conjunto das atividades de caráter técnico, administrativo e financeiro necessárias à deposição, recolha, transporte, tratamento, valorização e eliminação dos resíduos, incluindo o planeamento e a fiscalização dessas operações, bem como a monitorização dos locais de destino final, depois de se proceder ao seu encerramento" (APA, 2021a).

Por outro lado, um sistema de gestão de resíduos urbanos define-se como “uma estrutura de meios humanos, logísticos, equipamentos e infraestruturas, estabelecida para levar a cabo as operações inerentes à gestão dos RU" (*Decreto-Lei n.º 102-D/2020*).

Existem em Portugal continental 23 sistemas de gestão de resíduos urbanos, que fazem a gestão em alta, entre os quais 12 são multimunicipais, onde o capital maioritário é detido pela empresa Environmental Global Facilities – EGF, e 11 intermunicipais, podendo estes ter uma operação direta nos municípios ou indireta, através de uma entidade pública (LIPOR, 2021). Cada um destes sistemas possui infraestruturas para assegurar um destino final adequado (gestão em alta) para os RU produzidos na respetiva área (APA, 2021a). Os municípios são responsáveis pela gestão em baixa, assegurando a recolha da fração indiferenciada e por vezes também da fração seletiva.

Ao nível comunitário, a gestão de resíduos tem constituído umas das prioridades da política ambiental nas últimas décadas. Atualmente, na União Europeia, a política é baseada em grande parte na adoção do princípio da hierarquia dos resíduos (Diretiva 2008/98/CE), apresentada no capítulo 2.1.1.

1.2.4 Destino Final

Para qualquer tipologia de resíduo existem dois principais tipos de operação final legalmente definidos, são estas operações a valorização e a eliminação.

A valorização comporta qualquer operação cujo resultado principal seja a transformação dos resíduos de modo a servirem um fim útil, substituindo outros materiais que, caso contrário, teriam sido utilizados para um fim específico ou a preparação dos resíduos para esse fim na instalação ou conjunto da economia (*Decreto-Lei n.º 102-D/2020*).

A eliminação envolve qualquer operação que não seja de valorização, ainda que se verifique como consequência secundária a recuperação de substâncias ou de energia (*Decreto-Lei n.º 102-D/2020*).

Estão previstas no decreto-lei em vigor, Decreto-Lei n.º 102-D/2020, de 10 de dezembro, 13 operações de valorização, identificadas com a letra R (do inglês *Recovery*) e 15 operações de eliminação, identificadas com a letra D (do inglês *Disposal*).

Duas das operações de valorização mais comuns são a reciclagem através da compostagem, identificada com o código R3 – Reciclagem/ Recuperação de substâncias orgânicas não utilizadas como solventes (incluindo compostagem e outros processos de

transformação biológica), mais concretamente retratada na operação R3B-Compostagem, assim como a valorização energética através da incineração, identificada com o código R1- Utilização principal como combustível ou outro meio de produção de energia (*Decreto-Lei n.º 102-D/2020*). A compostagem é um processo natural de reciclagem de matéria orgânica. Pode definir-se tecnicamente como a decomposição biológica e estabilização de substratos orgânicos sob condições que permitam o desenvolvimento de temperaturas termofílicas, como resultado da ação microbiana, dando origem a um produto final estável e sem elementos patógénicos (P. Bueno, 2007).

A incineração representa um processo químico por via térmica, com ou sem recuperação de energia calorífica produzida (*Decreto-Lei n.º 127/2013, de 30 de agosto*). A incineração de RU é, normalmente, um processo de combustão controlada que apresenta como principais objetivos o tratamento de resíduos que não possam ser valorizados por níveis mais elevados da hierarquia dos resíduos (apresentada no capítulo 2.1.1), permitindo a redução do volume e massa destes resíduos e a valorização energética, seja esta térmica ou elétrica (Machado, 2015). Devido aos custos de investimento associados, existem apenas 2 instalações dedicadas para o tratamento dos resíduos urbanos em Portugal Continental, no Porto associada ao sistema intermunicipal de Gestão de RU LIPOR e em Lisboa no sistema multimunicipal de Gestão de RU VALORSUL.

A deposição em aterro é a forma mais comum, devido à simplicidade e baixo custo desta via de eliminação de resíduos. Quando na presença de resíduos biodegradáveis, os processos biológicos, onde prevalece a anaerobiose, permitem que, num determinado período de tempo, os componentes biodegradáveis presentes nos resíduos sejam degradados até se converterem num material estabilizado (Lopes, 2010).

Nos aterros, dependendo da sua classe e dos resíduos rececionados, é necessário o controlo do biogás produzido e dos lixiviados, ou seja, das emissões que resultam e que podem contaminar os cursos de água, o solo e o ar, colocando em perigo a saúde humana e a qualidade do ambiente (Lopes, 2010).

No que diz respeito ao encaminhamento direto dos RU produzidos em Portugal, (Figura 1.3), verifica-se que o mais comum é o aterro, sendo que cerca de 41% dos resíduos produzidos no ano de 2020 tiveram este destino direto. Pode-se verificar que apesar de no panorama geral a quantidade de resíduos encaminhados para aterro ter vindo a diminuir ao longo dos anos, no ano de 2020, devido à pandemia da COVID-19, e à

necessidade de medidas excecionais relacionadas com a saúde pública, este destino final teve um crescimento considerável face ao ano de 2019.

A quantidade de resíduos encaminhada diretamente para as diversas soluções de valorização - Valorização Energética, Orgânica e Material (recolha seletiva) - na última década tem-se mantido relativamente constante, representando estas uma média de cerca de 20%, 2% e 10%, respetivamente. O aumento da quantidade de resíduos encaminhados para estas operações de valorização representa uma oportunidade respeitante à diminuição de resíduos encaminhados para aterro. Em relação a resíduos encaminhados diretamente para Tratamento Mecânico e Tratamento Mecânico e Biológico, é de notar um crescimento no uso destas soluções desde o ano de 2010 até ao ano de 2017/2018, a partir dos quais os resíduos encaminhados para estas tecnologias tem decrescido melhorando o desempenho no que diz respeito ao encaminhamento direto para aterro.

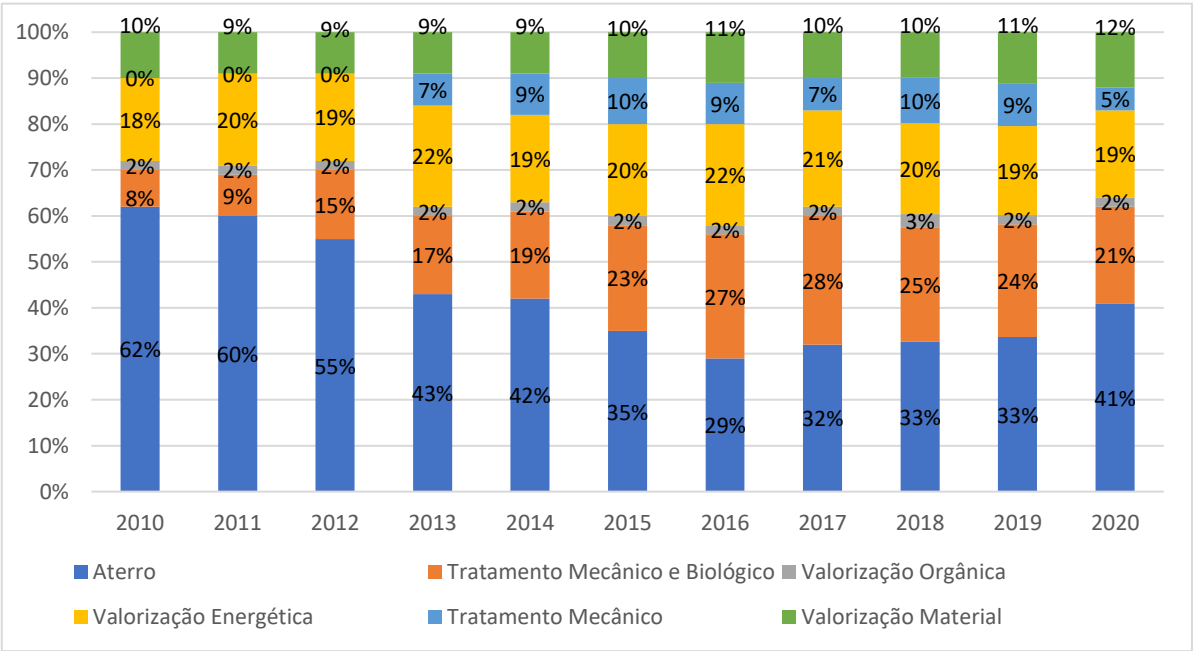


Figura 1.3: *Contribuição dos diferentes destinos relacionados com o encaminhamento direto de RU entre 2010 e 2020. Fonte: Adaptado de APA (2021a).*

Contudo, no que diz respeito ao destino final dos RU recolhidos em 2020 (Figura 1.4), cerca de 64% teve como destino o aterro, resultado também do envio de rejeitados das instalações de TM e TMB para estas soluções, contudo, sendo valor superior ao apresentado nos anos anteriores, e principalmente justificável com a situação pandémica. Devido a este aumento da percentagem de resíduos encaminhados para aterro, por via direta e indireta, pode-se observar na mesma figura, e como era expectável, que os

resíduos encaminhados para os restantes destinos diminuiu também, à exceção da Valorização Energética que se manteve constante, com 17,4% em relação ao ano de 2019.

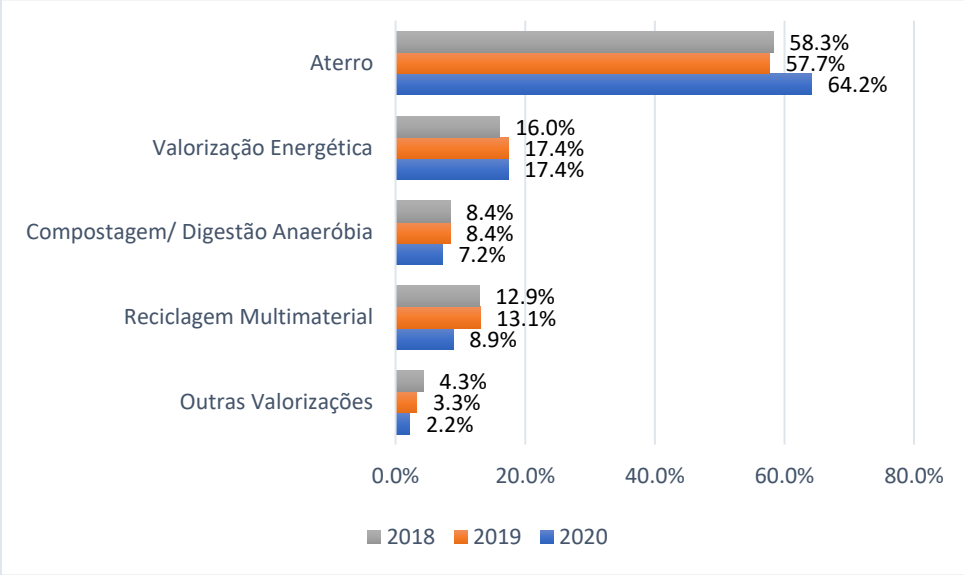


Figura 1.4: *Destinos finais dos RU entre os anos de 2018 e 2020. Fonte: Adaptado de APA (2021a).*

1.3 Biorresíduos de Origem Urbana: Gestão e Valorização

A deposição de biorresíduos juntamente com a fração indiferenciada apresenta consequências tais como a sua biodegradação, causando maus odores. Por outro lado, também a deposição conjunta destes resíduos com outras tipologias, tais como embalagens, papel ou cartão, contamina estes últimos, dificultando uma possível separação destes nas linhas de triagem. Por último, e com elevada relevância, esta deposição consubstancia uma perda de matéria orgânica e nutrientes que poderiam ser devolvidos ao solo, com benefícios ambientais relevantes (Ministério do Ambiente e Ação Climática, 2020).

No que diz respeito ao tratamento de biorresíduos podem ser implementadas 2 formas de tratamento: Tratamento Local e Tratamento Centralizado. O Tratamento Local tem como objetivo o tratamento de biorresíduos na fonte, e inclui projetos de compostagem doméstica e comunitária, bem como parques de compostagem dedicados por exemplo a resíduos verdes. O Tratamento Centralizado é realizado em instalações de grande escala, após a recolha seletiva dos biorresíduos, decorrendo assim em local algo distante da fonte geradora (Till Weidner, 2020), (LIPOR, 2022).

A estratégia dos Biorresíduos (Ministério do Ambiente e Ação Climática, 2020) tem como objetivo, em alinhamento com o RGGR, promover as condições necessárias para a

separação na origem dos biorresíduos provenientes de atividades da restauração e industrial até 31 de dezembro de 2022, para entidades com produção superior a 25 t/ano, e até 31 de dezembro de 2023 nos restantes casos (Ministério do Ambiente e Ação Climática, 2020), (LIPOR, 2022), (*Decreto-Lei n.º 102-D/2020*).

Na totalidade de infraestruturas de gestão de resíduos urbanos existentes (Tabela 1.2), podem-se destacar as 5 instalações de Tratamento Biológico dedicadas a biorresíduos recolhidos separadamente, são estas as infraestruturas da Lipor e VALORSUL, que tratam biorresíduos, incluindo resíduos alimentares e de jardim, provenientes da recolha seletiva, encontrando-se as restantes 3 instalações na região do Algarve, dedicadas ao tratamento de resíduos verdes recolhidos seletivamente (APA, 2021c).

Tabela 1.2: *Número de infraestruturas de gestão de RU em Portugal Continental no ano de 2020. Fonte: Adaptado de APA (2021c)*

Infraestruturas de Gestão de RU em Portugal	N.º
Centrais de Triagem	29
Centrais de Tratamento Mecânico	5
Centrais de Tratamento Mecânico e Biológico	18
Centrais de Tratamento Biológico (dedicado a biorresíduos recolhidos seletivamente)	5
Unidades de Produção de Combustíveis Derivados de Resíduos (CDR)	5
Centrais de Valorização Energética	2
Aterros	32

De acordo com a estratégia dos biorresíduos, para substituir progressivamente o seu destino para a fração indiferenciada, pretende-se uma transição para a recolha seletiva de biorresíduos tirando ainda proveito da capacidade instalada do país relativamente à compostagem e à digestão anaeróbia (APA, 2021a). De referir que, apesar da capacidade instalada do país de momento não estar a ser utilizada ao seu máximo (cerca de 97% da capacidade instalada encontrava-se em utilização no ano de 2020 (APA, 2021c)), caso a recolha seletiva de biorresíduos se massifique para os níveis desejados, terão de ser realizados não só ajustes nas instalações já existentes, mas também será necessária a construção de novas instalações.

A caracterização física da recolha seletiva dos biorresíduos em Portugal Continental apresenta-se na Figura 1.5.

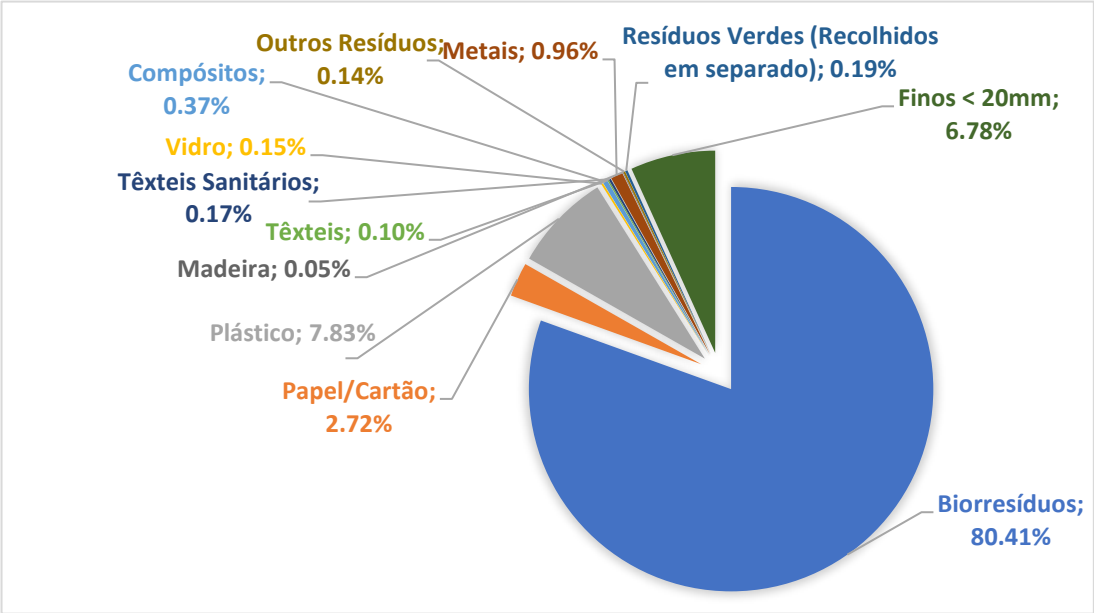


Figura 1.5: *Caracterização física da recolha seletiva de biorresíduos em Portugal Continental para o ano de 2020. Fonte: Adaptado de APA (2021c).*

Sendo a recolha seletiva de biorresíduos recente, em particular no que diz respeito aos resíduos domésticos e, que não se apresenta disseminada por Portugal Continental, os locais abrangidos por esta recolha apresentam ainda alguma variedade quanto à tipologia de resíduos de origem (ex. grandes produtores, pequenos comércios, parques, entre outros), sendo que a percentagem de biorresíduos nos resíduos recolhidos é de 80,41%, enquanto os restantes 19,59% correspondem a resíduos como papel e cartão, plásticos, têxteis e finos, representando o plástico a maior fração recolhida após os biorresíduos, com 7,83%. Por outro lado, em 2020, das 5,01 milhões de toneladas de resíduos urbanos produzidas, 1,18 milhões correspondem a resíduos biodegradáveis depositados em aterro, como pode ser observado no gráfico da Figura 1.6 (REA, 2021a).

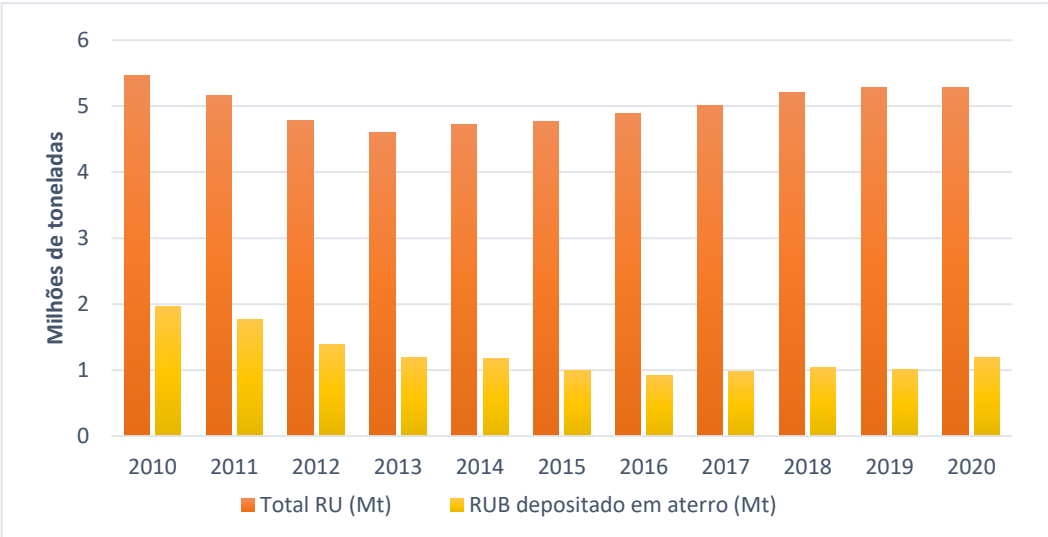


Figura 1.6: *Quantidade de Resíduos Urbanos Biodegradáveis (RUB) encaminhados para aterro no período de 2010 a 2020. Fonte: Adaptado de REA (2021a).*

Como já referido, a deposição em aterro apresenta um problema devido à grande percentagem de resíduos encaminhados para este destino final. Por outro lado, as infraestruturas de aterro existentes no país apresentam elevada taxa de ocupação, e devido à elevada percentagem de resíduos de todas as tipologias enviados para estas instalações, os aterros têm menor tempo útil de utilização do que era expectável (REA, 2021a), pelo que urge encontrar soluções alternativas.

1.4 Objetivos

Face ao exposto, o presente estudo teve como principal objetivo a avaliação da situação atual no que concerne ao tratamento local de biorresíduos no Município do Porto, bem como realizar uma proposta com vista ao seu alargamento, focando a abordagem nas soluções de compostagem comunitária. Para tal delinearam-se os seguintes objetivos específicos:

i) Estudo do atual sistema;
ii) Análise detalhada do município e mapeamento de áreas de possível implementação do tratamento local;
iii) Análise das soluções de tratamento local de biorresíduos existentes no município;
iv) Identificação da tecnologia de tratamento local que se apresenta mais favorável para o município;
v) Apresentação de um plano de monitorização da solução de tratamento local a instalar no município.

1.5 Estrutura do Documento

A presente dissertação encontra-se dividida em 6 capítulos.

No Capítulo 1 é realizada uma introdução ao tema da dissertação, apresentada a problemática da produção e gestão de resíduos, sendo também descritos os objetivos deste trabalho e a respetiva estrutura.

No Capítulo 2 é apresentado o enquadramento legal relativo aos resíduos urbanos, a descrição do tratamento local de biorresíduos, em ambiente doméstico e comunitário, apresentando tecnologias através das quais este pode ser realizado. Este Capítulo aborda a compostagem, a descrição do seu processo, tecnologias e parâmetros, bem como uma

descrição do produto final resultante deste processo. Neste capítulo são ainda descritas as situações nacionais e internacionais no âmbito do tratamento de biorresíduos.

No Capítulo 3 é exposto o contexto da investigação desta dissertação, sendo realizada uma apresentação da empresa e a alguns dos seus projetos, é apresentado o caso de estudo, nomeadamente a área de implementação, análise demográfica e habitacional da população, é também neste capítulo caracterizado o sistema de gestão de resíduos no Município do Porto. Neste Capítulo encontra-se também apresentada a metodologia seguida ao longo do caso de estudo, expondo os critérios de seleção de áreas e locais de instalação.

No Capítulo 4 é indicada a solução de tratamento local selecionada para instalação no Município, são apresentadas as localizações finais selecionadas para a instalação do projeto em estudo, são descritas as etapas de construção de uma ilha de compostagem, é realizada uma análise do investimento na instalação do tratamento local, apresentadas as características do processo de monitorização das ilhas de compostagem já instaladas no município, bem como uma proposta de plano de monitorização das novas ilhas de compostagem que se pretendem instalar.

No Capítulo 5 são retratadas as principais conclusões do trabalho realizado. Por fim, no Capítulo 6 são apresentadas algumas recomendações para trabalhos futuros.

Capítulo 2 - Enquadramento Teórico

2.1 Enquadramento Legal

A legislação em matéria de resíduos pretende ser um veículo para assegurar a prevenção da produção de resíduos assim como a sua adequada gestão, por forma a se minimizarem os impactes negativos a eles associados (APA, 2021a).

Ao longo do presente capítulo vão ser apresentados diferentes documentos legais, com ênfase no plano nacional, relativamente aos resíduos, em particular o Regime Geral de Gestão de Resíduos (em ligação com a Diretiva-Quadro dos Resíduos), o Plano Nacional de Gestão de Resíduos e o Plano Estratégico para os Resíduos Urbanos. A análise é realizada com o foco da área em estudo, os biorresíduos.

2.1.1 Diretiva-Quadro dos Resíduos

A Diretiva 2008/98/CE, Diretiva-Quadro dos Resíduos, revista pela Diretiva 2018/851/CE, estabelece medidas de proteção do ambiente e da saúde humana através da minimização dos impactes associados à produção e gestão de resíduos. Esta diretiva afirma que: "Os Estados-Membros exigem que todos os estabelecimentos ou empresas que tencionem proceder ao tratamento de resíduos obtenham uma licença da autoridade competente", e especifica, também, os elementos necessários para tais licenças.

Nesta Diretiva define-se, ainda, a Hierarquia dos Resíduos, um princípio fundamental no âmbito da gestão de resíduos e que refere a seguinte ordem de prioridades no que se refere às opções de prevenção e gestão:

1. Prevenção e Redução;
2. Preparação para a reutilização;
3. Reciclagem;
4. Outros tipos de valorização;
5. Eliminação.

Realça-se que a hierarquia dos resíduos estabelece uma ordem de prioridades do que constitui geralmente a melhor opção ambiental global na legislação e política de resíduos, embora possa ser necessário que certos fluxos específicos de resíduos se afastem dessa hierarquia sempre que tal se justifique por razões designadamente de exequibilidade técnica, viabilidade económica e de proteção ambiental (Diretiva 2008/98/CE).

Com a revisão da hierarquia em 2018, a UE teve como objetivo estabelecer os objetivos de longo prazo para a gestão de resíduos da União Europeia, dando orientações claras aos Estados-Membros em relação aos investimentos necessários para os alcançar.

Esta revisão teve ainda como âmbito "melhorar a gestão de resíduos da União, contribuindo assim para a proteção, preservação e melhoria da qualidade do ambiente, para a saúde dos oceanos e segurança dos alimentos de origem marinha, reduzindo o lixo marinho…", promovendo ainda "….uma utilização prudente e racional dos recursos naturais em toda a União…" (Diretiva 2018/851/CE).

A primeira prioridade na hierarquia dos resíduos é a redução, que prevê a redução da quantidade e/ou perigosidade dos resíduos gerados. Esta ocupa o primeiro lugar na hierarquia uma vez que é a forma mais eficaz de reduzir a quantidade de resíduos, o custo associado ao seu manuseio e os seus impactes ambientais (Diretiva 2008/98/CE). A

redução pode ocorrer através de uma melhor conceção dos produtos, usando embalagens com menos elementos tóxicos, e passa também pela mudança de atitude das pessoas e pela adoção de hábitos que ajudem a produzir menos resíduos.

A preparação para reutilização é a segunda prioridade desta hierarquia. Reutilização, é definida na legislação como "qualquer operação mediante a qual produtos ou componentes que não sejam resíduos são utilizados novamente para o mesmo fim para que foram concebidos" (*Decreto-Lei n.º 102-D/2020*). Assim, preparação para reutilização constitui as operações de valorização que consistem no controlo, limpeza ou reparação, mediante as quais os produtos ou os componentes de produtos que assumam a natureza de resíduos são preparados para serem utilizados novamente, sem qualquer outro tipo de pré-processamento (*Decreto-Lei n.º 102-D/2020*). No entanto, apesar de parecer sensata, a reutilização de materiais pode não ser viável em circunstâncias em que os custos ambientais e económicos da reutilização não sejam justificáveis.

A reciclagem é definida como a recuperação de materiais dos resíduos, com vista a usá-los como matéria-prima para incorporar em novos produtos, idênticos ou não aos anteriores (REA, 2021b).

A Diretiva 2018/851 já referida, transposta para a legislação nacional através do Decreto-Lei n.º 102-D/2020, altera a Diretiva-Quadro dos Resíduos e faz em particular uma revisão das metas de preparação para reutilização e reciclagem, assim como determina objetivos de recolha seletiva de têxteis e biorresíduos.

No nível 4 da hierarquia de resíduos em estudo encontram-se outras formas de valorização, estas referem-se nomeadamente à valorização energética.

Por fim, a eliminação de um resíduo, tal como a sua deposição em aterro controlado, deve ser utilizada como último recurso, devendo nestes casos ser utilizados processos e métodos que não coloquem em risco a saúde humana e que não prejudiquem o ambiente.

2.1.2 Regime Geral de Gestão de Resíduos

O atual Regime Geral de Gestão de Resíduos é estabelecido pelo Decreto-Lei n.º 102-D/2020 de 10 de dezembro. Este documento transpõe as Diretivas Europeias 2018/851, relativa aos resíduos (que altera a Diretiva-Quadro dos Resíduos), 2018/849 relativa às pilhas e acumuladores e respetivos resíduos, 2018/850 relativa à deposição de resíduos em aterro e 2018/852 relativa às embalagens e resíduos de embalagens, tendo aprovado

o novo regime jurídico de deposição de resíduos em aterro e alterado o regime unificado da gestão de fluxos específicos (DL nº 152-D/2017, de 11 de dezembro).

Neste Decreto-Lei foram introduzidas alterações e novidades em relação ao anterior RGGR, das quais se destacam as seguintes: Assegurar a recolha seletiva dos biorresíduos, o estabelecimento de novas obrigações relativas à recolha seletiva dos resíduos perigosos produzidos nas habitações, e dos resíduos têxteis (*Decreto-Lei n.º 102-D/2020*).

No âmbito do regime jurídico da deposição de resíduos em aterro realçam-se as seguintes medidas: i) A partir de 2030, a proibição do envio para aterro de quaisquer resíduos passíveis de serem reciclados ou valorizados; ii) A proibição de deposição em aterro de resíduos que tenham sido recolhidos seletivamente para efeitos de preparação para reutilização ou reciclagem, iii) A obrigação de desviar os biorresíduos de aterro; iv) A possibilidade de valorização de resíduos previamente depositados em aterro através de operações de mineração de aterro, devendo a sua realização garantir a não existência de riscos acrescidos para a saúde humana e para o ambiente (*Decreto-Lei n.º 102-D/2020*).

O Regime Geral de Gestão de Resíduos destaca também metas em relação à prevenção do desperdício alimentar, referindo que os estabelecimentos de restauração com produção de biorresíduos superior a 13 t/ano adotam, até 31 de dezembro de 2023, medidas para combater o desperdício alimentar (*Decreto-Lei n.º 102-D/2020*).

Em relação a medidas de gestão dos biorresíduos, é descrita no RGGR a obrigatoriedade da separação na origem destes por parte dos produtores de biorresíduos em atividades de restauração e industriais até 31 de dezembro de 2022 para entidades com produção superior a 25 t/ano de biorresíduos e até 31 de dezembro de 2023 para as restantes entidades (*Decreto-Lei n.º 102-D/2020*). Para cumprimento desta medida, é também estabelecido que as entidades responsáveis pelos sistemas de gestão de resíduos urbanos, até 31 de dezembro de 2023, devem adotar as medidas necessárias para possibilitar a separação e reciclagem na origem dos biorresíduos através da compostagem doméstica ou comunitária e outras soluções locais de reciclagem, ou a sua recolha seletiva e posterior transporte para instalações de reciclagem (centralizadas) (*Decreto-Lei n.º 102-D/2020*).

Juntamente com a fração dos biorresíduos, de acordo com este documento legal, podem ser recolhidas as embalagens valorizáveis através da compostagem e digestão anaeróbia que cumpram os requisitos estabelecidos nas normas nacionais ou europeias aplicáveis, bem como outros resíduos com propriedades de biodegradabilidade e compostabilidade semelhantes que cumpram as normas supra descritas e que satisfaçam

os níveis de degradação dos biorresíduos tratados pelos sistemas de tratamento (*Decreto-Lei n.º 102-D/2020*).

Por fim, é definido neste Decreto-Lei o Conteúdo dos planos de gestão de resíduos, que devem conter políticas específicas de gestão de biorresíduos, nomeadamente o incentivo à reciclagem, incluindo compostagem e digestão anaeróbia, o incentivo à compostagem doméstica e a promoção da utilização de materiais produzidos a partir de biorresíduos (*Decreto-Lei n.º 102-D/2020*).

2.1.3 Plano Nacional de Gestão de Resíduos

O Plano Nacional de Gestão de Resíduos (PNGR 2014-2020), em vigor até ao novo PNGR 2030 ser publicado no Diário da República (consulta em análise), representou o instrumento de planeamento da política de resíduos, tendo estabelecido orientações estratégicas, a nível nacional, de prevenção e gestão de resíduos, no âmbito de concretizar os principais objetivos definidos na legislação europeia e nacional (Resolução do Concelho de Ministros n.º 11-C/2015).

O PNGR 2014-2020 promoveu a prevenção e gestão de resíduos integradas no ciclo de vida dos produtos, focadas numa economia circular, garantindo uma maior eficiência na utilização dos recursos naturais, assentando em dois objetivos estratégicos: i) Promover a eficiência da utilização de recursos naturais na economia; ii) Prevenir ou reduzir os impactes adversos decorrentes da produção e gestão de resíduos (Resolução do Concelho de Ministros n.º 11-C/2015).

O Plano Nacional de Gestão de Resíduos (PNGR 2030), em fase de consulta pública (consulta em análise), representa o instrumento de planeamento da política de resíduos com base na mudança das políticas atuais, no período compreendido entre 2021 e 2030 (APA, 2021a).

O PNGR 2030 possui 3 objetivos principais, sendo estes: i) Prevenir a produção de resíduos ao nível da quantidade e da perigosidade; ii) Promover a eficiência na utilização de recursos, contribuindo para uma economia circular; iii) Reduzir os impactes ambientais negativos, através de uma gestão de resíduos integrada e sustentável (APA, 2021d).

No âmbito do primeiro objetivo, propõem-se a utilização de modelos de produção inovadores, o consumo sustentável e o incentivo à conceção, fabrico e utilização de

produtos que reduzam a presença de substâncias perigosas, que sejam eficientes na utilização de recursos e de longa duração (APA, 2021d).

O segundo objetivo apresentado no PNGR baseia-se na promoção da economia circular, assim sendo, todas as etapas do ciclo de vida do produto devem ser consideradas. De maneira a promover a economia circular, todos os resíduos não passíveis de reutilização devem ser direcionados para operações de valorização que possibilitem novas aplicações para esses materiais, nomeadamente como substituintes de matérias primas virgens (APA, 2021d). Como forma de atingir este objetivo estabelecem-se uma série de metas, das quais de destaca a promoção da substituição do uso de fertilizantes minerais sintéticos por fertilizantes orgânicos produzidos a partir de resíduos, nomeadamente o composto proveniente dos biorresíduos, contribuindo para o reaproveitamento dos resíduos resultantes dos setores de base biológica e permitindo uma gestão mais eficiente dos recursos biológicos (APA, 2021d).

Para se atingir o terceiro objetivo apresentado, quanto à redução dos impactes ambientais da gestão de resíduos, propõe-se medidas que permitem contribuir para uma gestão integrada e sustentável, devendo preferencialmente optar-se por operações de valorização em alternativa às de eliminação (APA, 2021d).

O PNGR preconiza também a realização de novas redes de recolha seletiva de resíduos e a otimização das já existentes, nomeadamente o alargamento dos sistemas de recolha porta-a-porta de resíduos de embalagens e de biorresíduos (APA, 2021d).

2.1.4 Plano Estratégico para os Resíduos Urbanos 2020+/2030

Desde 1997 que Portugal dispõe de planos estratégicos de gestão de resíduos urbanos. Estes revelaram graus de concretização distintos. Em particular com a execução do primeiro PERSU resultaram alguns sucessos, como é o caso do encerramento das lixeiras (APA, 2021).

O Plano Estratégico para os Resíduos Urbanos 2020 (PERSU 2020) foi aprovado pela Portaria n.º 187-A/2014, de 17 de setembro, tendo constituído o instrumento estratégico destes no período entre 2014 e 2020. Este descreve os objetivos para a gestão dos resíduos urbanos, no âmbito de atuação dos sistemas de gestão de resíduos urbanos (SGRU), bem como as metas para cada um destes (APA, 2021).

Devido ao elevado nível de ambição para Portugal relativamente às metas europeias, apresentadas no PERSU 2020, relativamente à deposição de resíduos em aterro,

preparação para reutilização e reciclagem de resíduos urbanos, reciclagem de embalagens e de redução do plástico foi imperativo tomar uma atitude no sentido de alinhar as medidas com vista a contribuir para se alcançarem os compromissos assumidos. Este realinhamento foi efetuado através do PERSU 2020+, que constitui uma reflexão estratégica e um ajustamento às medidas do PERSU 2020, e projeta as intervenções a serem desenvolvidas até ao ano 2025 (APA, 2021).

No domínio dos biorresíduos, o PERSU 2020+ apresenta também algumas medidas, sendo estas: i) Alargamento dos sistemas de recolha porta-a-porta de biorresíduos, com um prazo de implementação até 2023, sendo da responsabilidade dos municípios; ii) Promoção de soluções locais de compostagem doméstica e comunitária, a serem implementadas pelos municípios até 2023; iii) Adaptação das infraestruturas de tratamento à recolha seletiva de biorresíduos, incluindo a adaptação tecnológica dos TM e TMB existentes, da responsabilidade dos SGRU, até 2027; iv) Apoio a medidas de promoção de estratégia de redução do desperdício alimentar, da responsabilidade dos municípios e associações e a serem desenvolvidas até 2025; v) Identificação, caracterização e mapeamento das zonas agrícolas e florestais de Portugal com potencial de utilização de corretivo orgânico e composto, desenvolvido até 2020 (APA, 2019a).

O Plano Estratégico para os Resíduos Urbanos 2030 (PERSU 2030), em fase de consulta pública, irá dar continuidade à aplicação da política nacional de resíduos, com o objetivo de auxiliar as entidades responsáveis na implementação de medidas e ações que permitam a orientação do país com as políticas comunitárias, pretendendo também contribuir para o aumento da prevenção, reciclagem e outras formas de valorização dos resíduos urbanos (APA, 2021a).

O PERSU 2030, estabelece novas metas, destacando-se as seguintes:

- A preparação para reutilização e reciclagem de RU devem aumentar para um mínimo de 55% em peso até 2025, 60% em peso até 2030 e 65% em peso até 2035 (APA, 2022). O PERSU 2020 tinha como meta o aumento mínimo de 50% até 2020, não tendo sido atingidos os valores desejados para esta meta.
- A produção de RU por habitante até 2025 deve ser reduzida em 5% face aos valores de 2019 (512 kg/hab.ano (APA, 2021a)), e até 2030, em 15% (APA, 2022). A meta para esta produção indicada no PERSU 2020 era de uma produção máxima de 410 kg/hab.ano no ano de 2020, não tendo sido atingida.

- Até ao ano de 2035, a quantidade de RU depositados em aterro deve ser reduzida para um máximo de 10% da quantidade total de RU produzidos (APA, 2022).
- Na meta de preparação para reutilização e reciclagem apresentada no PERSU 2030, até ao ano de 2025 são contabilizados os biorresíduos provenientes de recolha indiferenciada recuperados no tratamento mecânico, que sejam sujeitos a valorização orgânica. Após 2027 apenas poderão ser contabilizados nesta meta os biorresíduos provenientes da recolha seletiva (APA, 2022).

O regime geral de gestão de resíduos determina a elaboração de planos multimunicipais, intermunicipais e municipais de ação (PAPERSU). Estes planos devem prever medidas que assegurem o cumprimento das metas de preparação para reutilização e reciclagem, deposição de RU em aterro e retomas para reciclagem com origem na recolha seletiva (APA, 2021a).

2.2 Tratamento Local de Biorresíduos (Doméstico e Comunitário)

2.2.1 Compostagem

A compostagem é um processo biológico através do qual os microrganismos degradam biologicamente os resíduos biodegradáveis, transformando-os em composto. O composto é rico em matéria orgânica, contendo também nutrientes, sendo que a sua utilização traz benefícios para o solo, podendo ser utilizado como um produto corretivo de solos, desempenhando um papel importante para a produção agrícola sustentável (Inês Filipa Monteiro Penacho, 2016). Os microrganismos são responsáveis pela decomposição e estabilização biológica da matéria orgânica, utilizando o carbono disponível como fonte de energia e oxigénio, resultando na libertação de CO_2, vapor de água e energia sob a forma de calor (Castanheira, 2004). Os microrganismos são responsáveis pelas diferentes fases de degradação que começam com a quebra inicial de moléculas orgânicas de fácil degradação, como é o caso das proteínas e dos açúcares (Alexandre Couto Rodrigues, 2015).

Na Figura 2.1 apresenta-se um esquema do processo de compostagem.

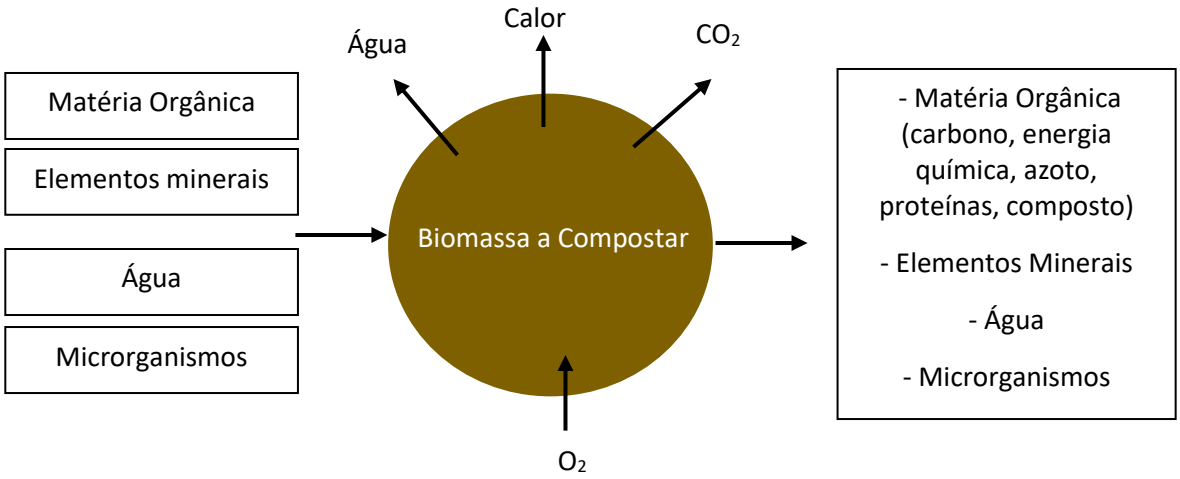


Figura 2.1: *Esquema do processo de compostagem. Fonte: Adaptado de Liliana Lopes Sequeira (2013).*

O processo de compostagem é assim uma decomposição bio-oxidativa de matéria orgânica de origem controlada e exotérmica, realizada por microrganismos autóctones, num ambiente húmido, quente e aeróbio (Alexandre Couto Rodrigues, 2015).

A compostagem pode ser realizada de várias formas, em grandes instalações centralizadas com matéria orgânica recolhida seletivamente, em explorações agrícolas ou agropecuárias, em pequenas unidades de caráter familiar (também designada por compostagem doméstica) ou grandes unidades de caráter municipal (Inês Filipa Monteiro Penacho, 2016).

A nível industrial, a compostagem é realizada em grande escala (compostagem centralizada), apresentado tecnologias complexas. Nestas instalações, os resíduos orgânicos passam normalmente por um processo mecânico de preparação da matéria orgânica seguindo depois para processos de degradação (Maria Isabel Viana de Castro Nogueira, 2013). Dos processos industriais com utilização de matéria orgânica bem selecionada resulta normalmente um composto de elevada qualidade, devido às características da matéria orgânica e a uma rigorosa monitorização dos parâmetros do processo de compostagem.

A compostagem doméstica representa a tipologia de reciclagem que é realizada em pequenas unidades, usando compostores ou ilhas de compostagem. Esta possui a vantagem da posterior obtenção de um composto para utilização pelos habitantes locais, passível de ser utilizado como corretivo orgânico em jardins, parques e plantas. Permite ainda diminuir a quantidade de resíduos necessários de serem recolhidos pelos sistemas de gestão, reduzindo assim os custos de recolha e contribuindo para o primeiro nível da hierarquia de resíduos anteriormente descrita.

Nos sistemas em reatores fechados, ou sistemas fechados, a compostagem é realizada no interior de reatores de diversos tipos. Nestes é possível controlar múltiplos parâmetros do processo tais como: temperatura, oxigenação, humidade e, caso necessário, ser realizada a adição de nutrientes. Esta tipologia, quando comparada com os sistemas abertos, como as pilhas e leiras revolvidas ou estáticas com arejamento forçado, apresentam a vantagem adicional de tempos de residência mais curtos, permitindo menores áreas de instalação e minimização de odores. No entanto, têm a desvantagem de serem mais dispendiosos, e de necessitarem de mão de obra especializada (Paulo Alexandre Lopes Fernandes, 1999).

Na Figura 2.2 apresenta-se uma representação da distinção entre sistemas fechados e abertos ou sistemas "reator" e sistemas "não reator" descritos previamente.

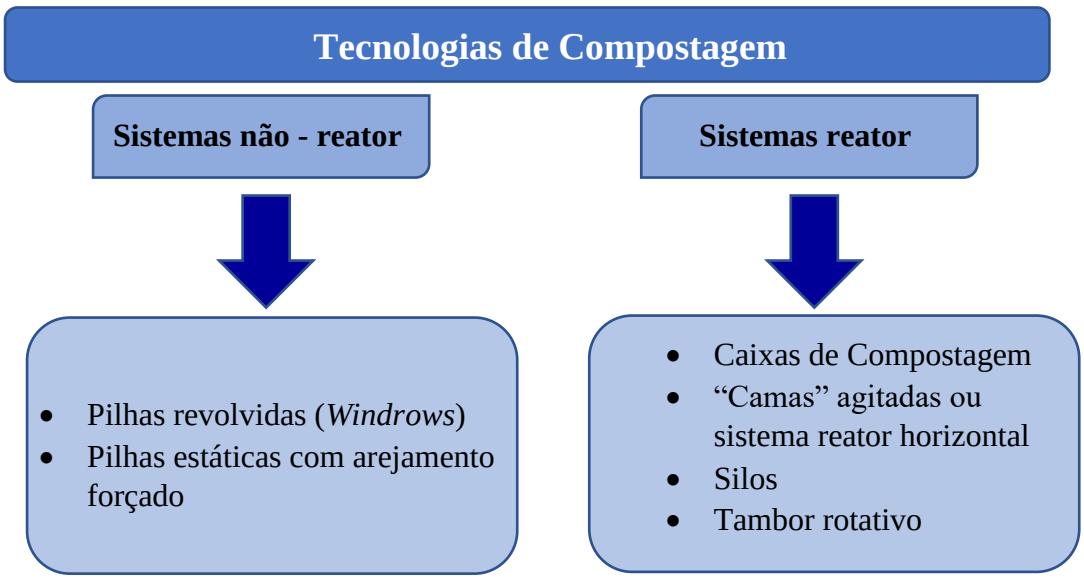


Figura 2.2: *Esquema Resumo das tecnologias de compostagem mais comuns. Fonte: Adaptado de Mariana Luzia Silva Costa (2014).*

Face aos objetivos do trabalho a componente que se descreve de seguida incide sobre o tratamento local. Informação adicional relativamente à compostagem, nomeadamente história e parâmetros pode ser consultada nos Anexos A e B, respetivamente.

2.2.2 Tratamento Local

O Tratamento Local tem como objetivo o tratamento de biorresíduos na fonte, e inclui fundamentalmente projetos de compostagem doméstica e comunitária. Este apresenta vantagens face à recolha seletiva deste fluxo, evitando custo de recolha e transporte, bem

como custos de encaminhamento para tratamento em centrais de valorização, permitindo também aos cidadãos a obtenção de um produto final passível de ser utilizado como corretivo de solos, sem custos para o utilizador.

A compostagem comunitária é geralmente realizada em espaços públicos acessíveis pelos diversos usuários e para esta podem ser construídas pelos municípios ilhas de compostagem, ser instalados biocompostores comunitários ou diferentes opções de compostagem que irão de seguida ser descritas. O tratamento individual de biorresíduos pode ocorrer de diversas formas, com iniciativa do munícipe e sendo, portanto, utilizada a tecnologia escolhida por este, ou através da distribuição pelo município de compostores domésticos individuais (em alinhamento com o sistema de gestão em alta), como já acontece atualmente.

2.2.3 Ilhas de Compostagem

Incluídas nas soluções de compostagem existem diversas tecnologias passíveis de serem adotadas para o tratamento local de biorresíduos. A tecnologia mais conhecida e mais utilizada neste contexto são as chamadas ilhas de compostagem, que se apresentam como processos estáticos modulares. Estas representam locais de deposição comunitária de biorresíduos em diferentes módulos, nos quais o processo de compostagem é monitorizado por um técnico, correntemente designado por "mestre da compostagem", que tem como função o revolvimento da matéria orgânica para promover o arejamento desta, a verificação das condições de temperatura e humidade, e também o controlo do nível de nutrientes, através da verificação do rácio de materiais verdes e castanhos depositados nos módulos. Neste processo, o material depositado é movido para diferentes módulos quando o módulo de admissão de biorresíduos atinge a altura de 1 m ou após 1 mês e meio do início da deposição de resíduos e movido para um terceiro módulo após 1 mês, sendo neste último módulo obtido o composto (onde se garante a estabilização do material/húmus resultante da biodegradação). O processo de compostagem tem habitualmente a duração de 4 meses. O composto é distribuído pela população aderente podendo ser utilizado como corretivo de solos.

Uma representação esquemática do funcionamento de uma ilha de compostagem pode ser consultada na Figura 2.3



Figura 2.3: *Representação esquemática do processo nas ilhas de compostagem. Fonte: Adaptado de Ramón Plana González Sierre (2019).*

As diretrizes gerais para a manutenção destas ilhas baseiam-se nos diferentes critérios, que serão apresentados em mais detalhe no Anexo B. Para uma ilha de compostagem ser considerada bem arejada, deve conter pelo menos 5% de oxigénio durante a fase ativa de compostagem e idealmente uma percentagem de oxigénio próxima a 10%. Com o aumento da atividade microbiana, mais oxigénio será consumido. Caso este oxigénio não seja reposto, a degradação da matéria orgânica poderá ocorrer por digestão anaeróbia, desacelerando o processo de compostagem e produzindo maus odores (Leslie Cooperband, 2002) (Paulo Alexandre Lopes Fernandes, 1999) .

2.2.3.1 Monitorização do Processo de Compostagem nas Ilhas

De seguida referem-se as principais considerações relativamente à monitorização dos processos de compostagem, aplicáveis transversalmente; contudo, particularizando para as ilhas de compostagem dada a sua aplicação transversal no âmbito da compostagem comunitária.

De acordo com Cooperband (2002) a monitorização da temperatura nas ilhas de compostagem deve ser efetuada semanalmente, devendo também ser verificada a humidade. Uma ilha de compostagem produz inevitavelmente odores, no entanto um odor mais intenso pode indicar o desenvolvimento de condições anaeróbias. Um odor a amoníaco pode significar a presença em demasia de azoto, que pode ser corrigido através da mistura com materiais ricos em carbono. Um odor pútrido pode ser causado pela presença de água em excesso, parâmetro que pode ser corrigido através da mistura de material estruturante.

A água é um dos produtos da fase ativa da compostagem. É aconselhado que a mistura inicial contenha entre 50 e 60% de água, sendo este o valor ótimo de maneira que, quando esta é perdida na forma de vapor, a mistura continue a conter humidade suficiente para manter a atividade microbiológica. De referir que a humidade mínima para a existência de atividade biológica é de 12 a 15% e, que para valores superiores a 60% a integridade estrutural da pilha de composto é colocada em causa, uma vez que a água enche os poros existentes, limitando a movimentação do ar, podendo ocorrer condições de anaerobiose (Lawrance K. Wang, 2008).

A altura ideal das ilhas de compostagem depende da porosidade e percentagem de humidade dos materiais, do processo de compostagem e do respetivo equipamento utilizado. Uma pilha de material leve e seca pode ter uma altura superior a uma pilha que seja húmida e densa, sem o risco de desenvolver condições anaeróbias. Pilhas de material mais pequenas são capazes de manter concentrações internas de oxigénio maiores do que pilhas maiores, no entanto, pilhas maiores retêm as temperaturas elevadas mais eficazmente do que pilhas pequenas (Leslie Cooperband, 2002). Estas temperaturas deverão situar-se entre os 60 e os 65 ºC durante a fase mesofílica do processo de compostagem, por forma a promover a higienização da matéria orgânica (Leopoldo Brito Teixeira, 2004).

O tamanho dos resíduos introduzidos na ilha de compostagem irá afetar a porosidade na pilha, o fluxo de ar e consequentemente a atividade microbiana. Partículas menores

possuem uma área de superfície por unidade de volume maior, logo os microrganismos possuem mais superfície para colonizar. No entanto, em casos em que as partículas são demasiado pequenas, a porosidade irá diminuir e o fluxo de ar na ilha de compostagem será restrito. Com base nesta informação, uma mistura de diferentes tamanhos da matéria prima criará a pilha de material mais porosa (Leslie Cooperband, 2002).

Quando as pilhas de material são demasiado húmidas ou apresentam dimensões ou geometrias desadequadas, poderá levar a que não se garanta a porosidade suficiente ou à alteração das taxas de degradação resultando no facto de que os microrganismos aeróbios não têm acesso a oxigénio suficiente e microrganismos anaeróbios irão realizar uma digestão, algo indesejável. Neste caso são gerados CH_4 e CO_2, resultando também do processo de digestão compostos de enxofre e outros subprodutos da respiração anaeróbia que geram maus odores (Leslie Cooperband, 2002).

2.2.4 Outras Soluções para a Compostagem Doméstica e Comunitária

Neste subcapítulo descrevem-se outras soluções de sistemas de compostagem aplicadas ao nível doméstico e comunitário que poderão ser de interesse para o presente estudo.

Por forma a sistematizar a informação descrita na literatura sobre esta matéria, as soluções apresentam-se compiladas na Tabela 2.1, sendo descritas de seguida.

A vermicompostagem é um processo de compostagem que utiliza minhocas e a microflora envolvida no seu processo de digestão, para tratar os resíduos orgânicos, formando um produto final designado por húmus de minhoca ou vermicomposto. Esta tipologia de compostagem pode ser desenvolvida em ambiente doméstico ou comunitário (Marcos A. Vázquez Trillo, 2015). No entanto, os organismos envolvidos neste processo não toleram produtos lácteos, carne e peixe, óleos, bem como comidas salgadas e avinagradas (Christian Riuji Lohri, 2017).

Tabela 2.1: *Tecnologias de Tratamento Local de Biorresíduos Resultantes da Revisão da Literatura Realizada*

Tecnologia	Organismos	Tratamento doméstico / Tratamento Comunitário	Descrição do Processo	Duração	Vantagens/Desvantagens	Produtos Finais	Estudos/ Artigos
Vermicompostagem	Microrganismos e Minhocas (Eisenia fetida)	Tecnologia de tratamento comunitário e doméstico	A vermicompostagem é um processo de compostagem que utiliza minhocas e a microflora envolvida no seu processo de digestão para tratar os resíduos orgânicos, formando um produto final designado por húmus de minhoca ou vermicomposto.	1-2 meses	→ Composto com maiores níveis de nutrientes, textura mais fina e menor percentagem de metais pesados	Composto Sólido e Líquido	"Treatment technologies for urban solid biowaste to create value products: a review with focus on low- and middle-income settings" - (Christian Riuji Lohri, 2017) "Compostaxe descentralizada de residuos orgánicos: do ámbito doméstico á granxa" - (Marcos A. Vázquez Trillo, 2015) "A review on vermicomposting of organic wastes" - (Usman Ali, 2015) "Utilização de minhocas na estabilização de Resíduos" - (Adriana Maria de Aquino, 1992)
Biocompostores	Microrganismos	Tecnologia de tratamento comunitário e doméstico	Um biocompostor representa uma estrutura geralmente metálica na qual os resíduos orgânicos são depositados. Neste compostor a oxigenação ocorre de forma automática, garantindo o sucesso do processo de compostagem. A compostagem ocorre no interior de uma unidade fechada, sem interação com o meio, evitando assim odores, presença de insetos e roedores	6-10 semanas	→A compostagem ocorre no interior de uma unidade fechada, sem interação com o meio, evitando assim odores, presença de insetos e roedores → Apenas podem ser depositadas pequenas quantidades de resíduos verdes	Composto sólido	"BIG HANNA Composter" - (Fênix Ambiente)
Black Soldier Fly	Larvas (Black Soldier Fly)	------	Este tratamento utiliza a espécie Hermetia illucens L., e envolve a transformação de biorresíduos em proteína e óleo de inseto, transformando resíduos alimentares e excrementos em fertilizante e larvas para alimentação animal. O ciclo de vida da "Black Soldier FLy" consiste em 5 fases: ovo, larva, pré-pupa, pupa e adulto, sendo que apenas se alimenta durante a sua fase de larva, de matéria vegetal e animal em decomposição.	13-18 dias	→ Organismos mostram capacidade de reanimar Escherichia coli e Salmonela →Consumo de MO apenas durante a fase de larva →Devido ao curto período de processamento, o composto necessita de passar por uma fase de maturação por forma a prevenir a depleção do oxigénio no solo	Fertilizante e larvas para alimentação animal	Natural Food Products and Waste Recovey - (Elizabeth Carvajal-Millan, 2022) "Treatment technologies for urban solid biowaste to create value products: a review with focus on low- and middle-income settings" - (Christian Riuji Lohri, 2017) "An inclusive approach for organic waste treatment and valorisation using Black Soldier Fly larvae: A review" - (Anshika Singh 2019) "Rethinking organic wastes bioconversion: Evaluating the potential of the black soldier fly (Hermetia illucens (L.)) (Diptera: Stratiomyidae) (BSF)" - (K.C Surendra, 2020)
Tong Composter	Microrganismos provenientes do ativador biológico	Tecnologia de tratamento doméstico	O "tong composter" é um compostor plástico que utiliza um ativador biológico que atua como inibidor de pesticidas e doenças no solo e em plantas . Este ativador biológico contém uma mistura de microrganismos benéficos ao processo da compostagem, promovendo o crescimento de outros microrganismos benéficos para o crescimento de plantas, tais como bactérias fixadoras de oxigénio e bactérias limitadoras de fósforo.	20 dias	→Maus resultados no cumprimento de parâmetros de azoto, fósforo e potássio	Composto sólido e liquido	"The study of tong composter in produced liquid organic fertilizer" - (Aidah Maqbulah Al-Hadi, 2021)
Tabakura Composting Method	Microrganismos fermentativos aeróbios	Tecnologia de tratamento doméstico	O método "Takakura Composting Method" (TCM) recorre a microrganismos fermentativos como um "composto semente", cultivados a partir de alimentos fermentados locais. . O líquido resultante da fermentação é misturado com folhas secas e cogumelos, formando o "composto semente" que deve ser misturado uma vez por dia durante 1 semana. Após esse período o "composto semente" deve ser movido para o compostor, no qual resíduos orgânicos são misturados.	1 -2 semanas	→Processo rápido →Requer menos espaço devido à elevada produtividade →Requer trabalho intensivo	Composto sólido	"Takakura Composting Method as an Appropriate Environmental Technology for Urban Waste" - (Fritz Akhmad Nuzir, 2019)

O processo de vermicompostagem depende da interação entre microrganismos e minhocas. Os microrganismos nos resíduos orgânicos preparam-no para a atuação das minhocas através de uma primeira fase de degradação aeróbia. Esta primeira fase facilita a alimentação das minhocas com o substrato. Também microrganismos existentes nos intestinos das minhocas decompõem a matéria orgânica em partículas mais finas, fornecendo alimento a este organismo. As minhocas alimentam-se dos resíduos, promovendo a atividade microbiana através da produção de matéria fecal que é benéfica para uma degradação mais rápida dos resíduos orgânicos e que conduz a uma adequada qualidade do composto final (Christian Riuji Lohri, 2017).

Uma das principais diferenças entre a vermicompostagem e a compostagem convencional é a forma como o material é degradado e as temperaturas aplicáveis dado que na vermicompostagem as temperaturas não devem ser superiores a 35 ºC, temperatura à qual as minhocas não sobrevivem (Adriana Maria de Aquino, 1992). A temperatura à qual o processo de vermicompostagem se realiza com maior eficiência situa-se entre 10 e 15 ºC, no entanto para estimular a reprodução é recomendada uma temperatura superior a 20 ºC (Glenn Munroe, 2007). O composto proveniente do processo de vermicompostagem, quando comparado com o composto obtido no processo de compostagem tradicional, apresenta maiores níveis de nutrientes, com um conteúdo de azoto 1 a 2% superior ao composto resultante da compostagem, sendo que no vermicomposto os nutrientes se encontram mais facilmente acessíveis às plantas. O vermicomposto possui ainda uma textura mais fina e uma menor percentagem de metais pesados quando comparado com o composto do processo de compostagem tradicional, por ventura associado a processos de bioacumulação (Christian Riuji Lohri, 2017).

Na vermicompostagem podem ser utilizadas várias espécies de minhocas, sendo a mais comum a *Eisenia fetida*, uma vez que esta possui alta adaptabilidade a diferentes tipologias de resíduos, uma alimentação e digestão rápida, bem como uma taxa de crescimento e reprodução elevadas (Christian Riuji Lohri, 2017). No compostor as minhocas reproduzem-se, produzindo casulos em média 23 dias após a reprodução. Cada casulo origina, em média, 3 minhocas-filhas, que em condições favoráveis atingem a maturidade dentro de 40 a 60 dias, sendo o seu período de vida em média de 70 dias (Adriana Maria de Aquino, 1992).

A vermicompostagem, ao contrário do que ocorre na compostagem tradicional, não é um processo exotérmico, ou seja, não ocorre um aumento da temperatura no

vermicomposto. As minhocas utilizadas requerem temperaturas mesofílicas/moderadas na gama dos 10 aos 35 ºC. (Christian Riuji Lohri, 2017).

Uma grande densidade de alimentos desacelera o processo reprodutivo, uma vez que aumenta a competitividade por alimento e espaço. Uma baixa densidade populacional irá promover o crescimento uma vez que existe alimento suficiente para cada organismo, no entanto, irá desacelerar o processo reprodutivo uma vez que as minhocas não se encontram para se reproduzirem. A percentagem de humidade no compostor deve ser superior a 60%, visto que humidade abaixo desse valor afeta negativamente a taxa de reprodução das minhocas. Pelo contrário, taxas de humidade acima de 90% irão ter um efeito negativo pois dificultam a respiração das minhocas (Christian Riuji Lohri, 2017).

Em adição ao vermicomposto, produto sólido final da vermicompostagem, que poderá ser utilizado como corretivo de solos, também os microrganismos presentes nos intestinos das minhocas possuem propriedades benéficas para o solo e plantas, podendo suprimir doenças. O lixiviado obtido da vermicompostagem pode também ser utilizado como fertilizante líquido (Christian Riuji Lohri, 2017).

Relativamente a desvantagens, quando comparado com o processo de compostagem convencional, vários estudos admitem que o processo de vermicompostagem não é eficiente na eliminação de patogénicos devido às temperaturas aplicadas (Usman Ali, 2015). Uma outra barreira expectável relacionada com a vermicompostagem é a necessidade de espaço, que pode ser ultrapassada através da utilização de caixas com encaixes verticais.

Uma tecnologia emergente no tratamento de resíduos biodegradáveis é a compostagem através de larvas, nomeadamente da mosca soldado negro - “Black Soldier Fly” (BSF). Este tratamento envolve a transformação de biorresíduos em proteína de inseto e óleo de inseto, transformando resíduos alimentares e excrementos em fertilizante e larvas para alimentação animal (Elizabeth Carvajal-Millan, 2022).

A mosca soldado negro (Hermetia illucens L.) é uma espécie originária do sul dos EUA que pode ser encontrada em regiões com temperaturas tropicais. Esta espécie pode ser alimentada com resíduos orgânicos, dejetos animais, dejetos humanos e resíduos de peixe. A BSF realiza a degradação da matéria orgânica mais rapidamente em ambientes com humidade entre os 65 e os 80%. Resíduos com elevadas taxas de celulose tais como madeira e folhas secas não são degradadas pela BSF, podendo no entanto estes materiais serem adicionados como um agente estruturante (Christian Riuji Lohri, 2017). Condições de pH superior a 6 são indicadas como ideais para o desenvolvimento e crescimento de

larvas (Anshika Singh 2019). As temperaturas entre 25 e 32 ºC são as mais favoráveis a todas as fases do ciclo de vida da BSF. Estas podem reduzir o peso da matéria-prima em 50 a 80%, e convertê-la em biomassa em 14 dias (Christian Riuji Lohri, 2017).

O ciclo de vida da BSF consiste em 5 fases: ovo, larva, pré-pupa, pupa e adulto, que podem ser observadas na Figura 2.4.



Figura 2.4: *Ciclo de Vida da "Black Soldier Fly". Fonte K.C Surendra (2020).*

Na fase de larva ocorre a maior alimentação da espécie, o que resulta na transformação rápida na fase de pré-pupa seguinte, parando a alimentação. Quando atinge esta fase de pré-pupa a BSF afasta-se da fonte de alimento, para locais secos para começar a fase de pupa. Nesta fase a espécie atinge o seu tamanho máximo, tendo a sua constituição entre 36 e 48% de proteína e 33% de gordura, transformando-se na sua fase final, fase adulta, após 14 dias (Anshika Singh 2019).

Como explicado anteriormente, esta espécie apenas se alimenta durante a sua fase de larva, alimentando-se de matéria vegetal e animal em decomposição, podendo consumir o dobro do seu peso em matéria orgânica (Anshika Singh 2019).

Para o acasalamento ocorrer na espécie BSF, a luz solar é de extrema importância, razão pela qual esta espécie não se reproduz de forma significativa no inverno. No entanto, pode ser utilizada uma fonte de luz artificial em sistemas fechados (Anshika Singh 2019).

Os principais produtos resultantes do tratamento com BSF são as larvas, passíveis de serem utilizadas como substituto parcial do alimento para peixes. Em exploração encontra-se a produção de biogás e a utilização do óleo produzido. O resíduo proveniente

deste processo contém nutrientes e poderá ser utilizado como corretivo de solos, no entanto, devido ao curto período de processamento, este resíduo necessita de passar por uma fase de maturação por forma a prevenir a depleção do oxigénio no solo, que inibe a germinação de sementes e suprime o crescimento de raízes e de plantas (Christian Riuji Lohri, 2017).

Esta tecnologia pode ser aplicada em sistemas de pequena escala em quintas ou em sistemas de compostagem doméstica, em regiões onde existam naturalmente populações de BSF. Considerando os fatores abióticos, países com orçamentos médios e baixos nas regiões tropicais, possuem condições climáticas favoráveis para este sistema (K.C Surendra, 2020).

Estudos recentes mostram, no entanto, que a presença de BSF próximo de habitações e população não é recomendado, e que estes organismos mostraram capacidades de reanimar Escherichia coli e Salmonela (Elizabeth Carvajal-Millan, 2022), razão pela qual esta tecnologia não será considerada como solução no âmbito do presente estudo.

O processo "Takakura Composting Method" (TCM), desenvolvido por Koji Takakura na cidade de Kitakyushu no Japão (Fritz Akhmad Nuzir, 2019), recorre a microrganismos fermentativos cultivados a partir de alimentos fermentados locais, como iniciadores do processo fermentativo. O líquido resultante da fermentação é misturado com folhas secas e cogumelos, formando o que no descritivo da aplicação deste processo aparece como "composto semente", que deve ser misturado uma vez por dia durante 1 semana (Fritz Akhmad Nuzir, 2019).

Após esse período o "composto semente" deve ser movido para um compostor, no qual resíduos orgânicos, previamente processados de maneira a reduzir o seu tamanho, são misturados manualmente, uma vez por dia, durante uma semana. Durante o processo de degradação a temperatura e humidade do material deve ser controlado. Ao final de 1-2 semanas o composto final está pronto a ser utilizado (Fritz Akhmad Nuzir, 2019). Um esquema deste processo pode ser encontrado na Figura 2.5.

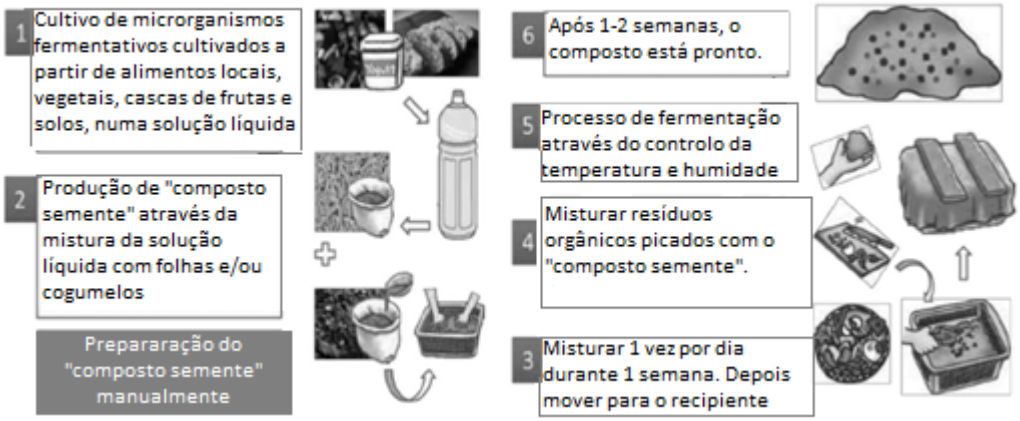


Figura 2.5: *Processo de "Takakura Composting Method. Fonte: Fritz Akhmad Nuzir (2019).*

Em relação a processos de compostagem convencionais, o processo TCM pode ser realizado em menos tempo, sendo muito mais rápido do que o processo convencional que normalmente necessita de meses para produzir um composto final estabilizado. Este processo pode também ser realizado em áreas mais pequenas devido a ser um método que possui elevada produtividade. Este processo é económico uma vez que utiliza matérias-primas locais, tecnologia simples e trabalho intensivo. Este trabalho intensivo faz com que seja indicado para países em desenvolvimento, nos quais a taxa de empregabilidade é muito baixa e os quais apresentam uma taxa de crescimento da população positiva. Dadas as características de Portugal, considera-se que esta tecnologia não será a mais indicada para o tratamento de resíduos orgânicos na fonte, de forma transversal (Fritz Akhmad Nuzir, 2019).

Do ponto de vista tecnológico, como alternativa à utilização de pilhas ou leiras, existem reatores, que consistem normalmente em processos dinâmicos semi-automatizados, com diferentes dimensões, que podem ser utilizados para o tratamento local de biorresíduos. Segundo consulta de informação disponível, existe pelo menos um sistema deste tipo, designado pela empresa por biocompostor, de grande capacidade (900 toneladas de resíduos por ano), para o tratamento local de biorresíduos, instalado em Matosinhos, pela empresa Fênix Ambiente. Este será a opção descrita com mais detalhe dado que foi a única encontrada comercialmente em Portugal para o propósito em questão embora possam existir soluções comerciais com diferentes sistemas e configurações; por esse motivo será também mantida a designação de biocompostor.

Um "biocompostor", de grandes ou pequenas dimensões, de acordo com informações da empresa fornecedora, representa uma estrutura "fechada", geralmente metálica, na qual os resíduos orgânicos são depositados diariamente, possuindo um tempo médio do

processo de compostagem entre 6 e 10 semanas. Neste compostor o arejamento ocorre de forma automática e a mistura pode ser assegurada, por exemplo, por um movimento automático de rotação do equipamento. A compostagem ocorre sem interação expressiva com o meio exterior, sendo assim controlada a emissão de odores e a presença de insetos, roedores, entre outros, inconvenientes que poderão ocorrer nas restantes tecnologias de compostagem (Fênix Ambiente).

A empresa Fênix Ambiente indica que os biocompostores que comercializa podem apresentar um baixo consumo de energia (dependendo do modelo a instalar, entre 1,01 kWh/dia e 14,27 kWh/dia), uma vez que o cilindro normalmente gira apenas 1 minuto por hora. Neste processo são atingidas temperaturas entre os 55 e os 65 ºC, que deverão assegurar a higienização do material (Fênix Ambiente).

Apesar de representar uma opção válida para o tratamento de resíduos alimentares, no biocompostor só deverão ser depositadas pequenas quantidades de resíduos verdes, como pequenas aparas de jardins, logo, considera-se que esta tecnologia não será a mais indicada para o tratamento local de biorresíduos alvo, que incluirá necessariamente o tratamento de resíduos alimentares assim como de resíduos verdes.

2.2.5 Composto

O composto representa o produto final, higienizado e rico em compostos húmicos, resultante do processo de compostagem, que possui um efeito benéfico quando aplicado nas plantas. A qualidade de um composto é determinada pelas suas características físicas, químicas e biológicas. A qualidade que se pretende para o composto depende do tipo de utilização à qual este se destina (Mariana Luzia Silva Costa, 2014).

A adição de composto melhora as propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos e das misturas para vasos e jardins. O composto melhora o arejamento e drenagem de solos densos e a capacidade de retenção de água e agregação de solos arenosos. Aumenta também a capacidade de o solo absorver nutrientes e fornece material essencial ao crescimento de raízes. No composto, a maior pate dos nutrientes encontra-se na forma orgânica, sendo estes libertados lentamente como resultado da atividade microbiana (Robert Rynk, 1992).

O composto resultante de resíduos vegetais e animais pode conter os nutrientes essenciais para o crescimento das plantas, no entanto, alguns dos principais nutrientes das plantas, como azoto, fósforo e potássio, podem não estar presentes em quantidades

adequadas para o crescimento acelerado das plantas, a não ser que o composto seja fornecido em grandes quantidades (Robert Rynk, 1992). Em Portugal, atualmente, a legislação referente às matérias-fertilizantes (regras a que deve obedecer a colocação no mercado de matérias fertilizantes) apresenta-se no Decreto-Lei n.º 30/2022, de 21 de abril, que revoga o Decreto-lei nº 103/2015, de 15 de junho.

2.3 Benchmarking – Tratamento de Biorresíduos de Origem Urbana /Recolha Seletiva

Existem atualmente vários modelos de sistemas de tratamento de biorresíduos, e o seu conhecimento, tanto de casos nacionais como internacionais, é de extrema importância para auxiliar na decisão da tecnologia a implementar, bem como para a compreensão dos diferentes fatores considerados e utilizados em cada tecnologia. No presente subcapítulo irão ser apresentados casos práticos da implementação de sistemas de recolha para tratamento e monitorização de biorresíduos em Portugal e também casos internacionais. Verifica-se que a informação sobre soluções de tratamento local de biorresíduos em Portugal e mesmo internacionalmente é muito escassa pelo que a informação coligida se debruça em muitas circunstâncias na recolha, onde foi possível encontrar alguma informação.

2.3.1 Situação Nacional

Em relação ao tratamento de biorresíduos em território nacional, diversos municípios e autarquias têm intensificado esforços para o desenvolvimento de sistemas de recolha de biorresíduos, no sentido de se transitar para um aumento expressivo desta relativamente ao tratamento via recuperação da fração indiferenciada. É nesta vertente que se foca o presente subcapítulo.

Na Vila de Soure encontra-se implementado um projeto de PAYT (*Pay As You Throw*- Projeto no qual as tarifas de resíduos são determinadas tendo por base a produção real de resíduos) com recurso a contentorização individual e recolha porta-a-porta (Município de Soure, 2021).

O município de Soure, no distrito de Coimbra, é responsável pela recolha de resíduos indiferenciados em todo o município e recolha de resíduos seletivos na Vila de Soure e nos centros ecológicos existentes (Município de Soure, 2021) sendo que a ERSUC é a

entidade em alta responsável pela recolha seletiva, triagem, valorização e eliminação de resíduos urbanos (Município de Soure, 2021).

O município tem ainda a intenção de implementar soluções coletivas de recolha seletiva com a instalação de contentores de 240 L na via pública em todas as freguesias. Pretende ainda instalar contentores de 120 L para a recolha dedicada a estabelecimentos hoteleiros, de restauração e similar e promover a compostagem doméstica em 10% das moradias assim como instalar 13 compostores de 3 m^3 para a compostagem comunitária (Município de Soure, 2021).

Também no distrito de Coimbra, o município de Condeixa-a-Nova tem a intenção de adotar um sistema de recolha seletiva de proximidade de biorresíduos de origem doméstica, recolha porta-a-porta dedicada ao setor não doméstico, recolha seletiva de resíduos verdes a pedido e valorização na origem através de compostagem doméstica, atingindo 4 das 7 freguesias do município, o que representa 50% da população e 80 produtores não domésticos. A compostagem doméstica neste contexto deverá abranger cerca de 3% da população (Município de Condeixa, 2021). Destaca-se que o município é responsável pela recolha da fração indiferenciada e de fluxos específicos, nos quais se incluem os resíduos verdes, enquanto que a ERSUC é responsável pela recolha seletiva multimaterial e pela gestão e tratamento dos resíduos urbanos (Município de Condeixa, 2021).

O município da Figueira da Foz, tal como os 2 apresentados anteriormente, pertence ao distrito de Coimbra, onde a ERSUC representa a entidade responsável pela recolha seletiva multimaterial e pela gestão e tratamento dos resíduos urbanos, enquanto o município assegura a recolha dos resíduos indiferenciados e dos fluxos específicos através de um contrato de prestação de serviços, no qual se insere também a recolha de resíduos verdes (Município da Figueira da Foz, 2021). De acordo com as informações disponibilizadas, após estudos comparativos entre cenários de implementação de sistemas de recolha de biorresíduos, apresentados no estudo para o desenvolvimento de sistemas de recolha de biorresíduos no município da Figueira da Foz, o município deverá implementar um sistema de recolha de proximidade para os setores doméstico e não doméstico, recolha seletiva de resíduos verdes a pedido, recolha porta-a-porta de produtores não domésticos e recolha porta-a-porta de produtores do setor doméstico a partir de 2024, bem como um sistema de compostagem doméstica. De maneira geral, pretende implementar recolha de proximidade e recolha porta-a-porta em 10 das 14 freguesias do município e compostagem doméstica em 4. Desta forma, 95% dos

habitantes terão acesso aos serviços de recolha e reciclagem na origem de biorresíduos (Município da Figueira da Foz, 2021).

No distrito de Aveiro, município de São João da Madeira, a recolha dos resíduos indiferenciados está a seu cargo sendo realizada pela SUMA que assegura o seu encaminhamento para a entidade gestora em alta, a ERSUC (Município de São João da Madeira, 2021).

Este município possui já um serviço de recolha dos resíduos verdes (recolha semanal, mediante marcação prévia). Existe também um projeto de recolha seletiva porta-a-porta de resíduos alimentares no setor doméstico e não doméstico, com a distribuição de 1 600 baldes pelo setor doméstico e 219 contentores pelo setor não doméstico para acondicionamento dos referidos resíduos. Encontra-se ainda em fase de implementação um sistema PAYT que irá beneficiar os munícipes que realizem a separação de biorresíduos. Existem também já distribuídos pelo município 236 compostores para utilização pelo setor doméstico, como forma de promover a compostagem doméstica dos biorresíduos. Este composto é utilizado pelos munícipes nas suas hortas, canteiros e jardins (Município de São João da Madeira, 2021). Este município pretende adotar um cenário de recolha de biorresíduos no qual 10% dos utilizadores domésticos irão aderir à compostagem doméstica, em casos de moradias com jardim, ou comunitária nos restantes casos. A compostagem comunitária será promovida através da instalação de módulos de compostagem comunitária em locais estratégicos do município. Estes compostores comunitários serão acompanhados com regularidade por um técnico do município. Para os resíduos verdes, irá ser realizada recolha porta-a-porta nas moradias que não pratiquem compostagem e a deposição em ecocentro será a solução para habitações em altura e para o setor não doméstico (Município de São João da Madeira, 2021).

No município de Évora, no último trimestre do ano de 2021, na primeira fase do projeto "Cascas Solidárias", o município tinha já distribuído 300 compostores domésticos. Na segunda fase da missão, incidente no tratamento local de biorresíduos através de Compostagem Comunitária, foram instaladas 28 ilhas de compostagem em 12 municípios do distrito. Nestas ilhas de compostagem os munícipes podem colocar as suas cascas de fruta e legumes, sendo o valor monetário poupado pelo município ao não encaminhar estes resíduos para aterro utilizado em apoios monetários a instituições locais. O processo de compostagem irá, de março a agosto de 2022, ser acompanhado por visitas periódicas de um Mestre da Compostagem (Ambiente Magazine, 2022).

2.3.2 Situação Internacional

Na União Europeia, a correta recolha e reciclagem dos biorresíduos continua a representar um potencial inexplorado, uma vez que, de acordo com um estudo sobre os biorresíduos produzidos na UE realizado pela Zero Waste Europe (Enzo Favoino, 2020), apenas 16% dos biorresíduos estão a ser recolhidos seletivamente. Os restantes 84% são encaminhados para incineração ou aterro, com os conhecidos impactes ambientais (Pierre Condamine, 2021).

Para promover esta recolha, como mencionado no enquadramento legal, tornou-se obrigatória na União Europeia a recolha seletiva de biorresíduos até ao final de 2023.

No entanto existem já países e cidades com sistemas de recolha e tratamento de biorresíduos implementados que representam um exemplo para todas os restantes na Europa e não só, são estas Milão, Pontevedra, Alemanha, Noruega, Suécia, Holanda, entre outras. Neste subcapítulo serão exploradas em detalhe as soluções apresentadas em Milão e Pontevedra (ECN, 2022).

A cidade de Milão, com 1,4 milhões de habitantes, decidiu adotar em 2011 uma estratégia de recolha seletiva dos resíduos alimentares, 10 anos depois, esta cidade representa um exemplo a nível mundial, com 110 kg de resíduos alimentares recolhidos por habitante em 2019, em comparação com a média de 18,84 kg verificada na União Europeia (Pierre Condamine, 2021). Em 2011, Milão recolhia 28 kg de resíduos alimentares por habitante, e o novo plano de recolha desta tipologia de resíduos com início em Novembro de 2012 incluiu uma campanha de sensibilização para os cidadãos com a entrega de kits que continham caixotes, sacos e instruções, sendo direcionada a residências e empresas (Pierre Condamine, 2021). Ao longo dos 2 anos seguintes, o sistema foi implementado progressivamente na cidade, tendo a fase de implementação terminado em junho de 2014 (Pierre Condamine, 2021). Este sistema representa um custo de recolha entre 150 e 300 € por tonelada, sendo o composto produzido através destes resíduos vendido a 20 €/t.

A implementação do sistema de recolha de biorresíduos para uma população de 1,4 milhões foi realizada de acordo com 3 categorias, com abordagens ligeiramente distintas:

Em atividades comerciais como cantinas, bares e restaurantes a recolha de resíduos alimentares está implementada desde 1997, correspondendo os resíduos recolhidos a 25% dos resíduos alimentares totais recolhidos na cidade, neste caso foram implementadas

recolha porta-a-porta, diária (segunda a domingo) e o fornecimento de contentores de 120 L a estas entidades (Pierre Condamine, 2021).

Em moradias, é recolhida a maior percentagem de resíduos alimentares da cidade, onde é realizada a recolha de resíduos na via pública (recolha coletiva) com a disponibilização de contentores de 120, 35 ou 10 litros e sacos compostáveis para esses contentores, bem como recolha bissemanal (Pierre Condamine, 2021).

A recolha em mercados abertos representa a mais recente medida de implementação de recolha de resíduos alimentares, com início em 2017 e abrangendo todos os mercados em setembro de 2018. Nestes mercados foram distribuídos sacos compostáveis com alças e foi implementada a recolha diária no final do mercado (Pierre Condamine, 2021).

Todos os resíduos recolhidos são posteriormente encaminhados para a central de digestão anaeróbia de Montello. Nesta central após a digestão dos resíduos alimentares para a produção de biogás, cerca de 20% dos resíduos adicionados podem ser misturados com resíduos verdes para serem compostados e produzir composto. Em 2020 cerca de 130 000 toneladas de resíduos alimentares foram tratadas nesta central, tendo-se produzido 11 200 000 m^3 de biogás e 26 000 toneladas de composto (Pierre Condamine, 2021).

Em Pontevedra, Espanha, após 3 anos e meio de implementação do projeto Revitaliza, a província possui mais de 80 locais de compostagem comunitária espalhados por 26 municípios. Este projeto permitiu a compostagem de 2 052 toneladas de biorresíduos desde o seu início (Pierre Condamine, 2019).

Em 44 dos 60 municípios da província de Pontevedra foi implementado o projeto Revitaliza, que consiste num sistema de compostagem descentralizado para tratar biorresíduos, com 3 fatores importantes para o sucesso do projeto: i) A entrada equilibrada de materiais que garanta um bom processo de compostagem; ii) A existência de um local adequado para realizar o processo de compostagem; e, iii) a Implementação de um sistema de monitorização eficaz e capaz de assegurar o sucesso do projeto, através da identificação e resolução de problemas (Pierre Condamine, 2019).

O projeto Revitaliza estabeleceu locais de deposição de resíduos verdes que são posteriormente distribuídos por residentes que vivem em moradias sem jardins, de maneira a que estes possam realizar compostagem doméstica, também incluída no projeto, com 92 012 compostores individuais distribuídos nos municípios aderentes no ano de 2019 (Pierre Condamine, 2019).

No que diz respeito à monitorização dos processos, para estações de compostagem comunitária, profissionais do projeto Revitaliza são responsáveis pela rega do material em compostagem caso este esteja demasiado seco, pela mistura dos resíduos verdes e alimentares e pela separação do composto. Para além dessas tarefas, dados sobre o nível de enchimento, temperatura dos locais de compostagem, e existência de maus cheiros, larvas ou roedores, são recolhidos. Todos estes dados são inseridos numa plataforma online, o que permite comparações regulares sobre dados quantitativos e qualitativos do processo (Pierre Condamine, 2019).

Para os processos de compostagem doméstica, são explicadas as condições de operação do compostor aos residentes pelos profissionais do projeto, e uma vez instalado o processo de compostagem as habitações recebem visitas destes profissionais para monitorização do processo. Após um ano, quando a qualidade do composto é adequada, as visitas de monitorização terminam e os residentes monitorizam o seu composto independentemente (Pierre Condamine, 2019).

A Tabela 2.2 apresenta uma síntese de casos de estudo adicionais na Europa, como na Bélgica, Áustria, Eslovénia e em Inglaterra, descrevendo os modelos de recolha seletiva de biorresíduos aplicados. Verifica-se que o sistema de recolha de biorresíduos mais comum nos países apresentados é a recolha porta-a-porta. Na tabela são ainda apresentadas as taxas de captura (percentagem de biorresíduos desviados do sistema de deposição indiferenciado) para cada sistema apresentado.

Tabela 2.2: *Casos de estudo em desenvolvimento na Europa, na matéria dos biorresíduos. Fonte: Adaptado de APA (2019)*

Caso de Estudo	Descrição sumária do modelo de recolha seletiva aplicado	Taxa de captura de biorresíduos
Flandres (Bélgica)	Os biorresíduos são separados na fonte e recolhidos porta-a-porta em contentores. Nestes não pode ser depositado carne, peixe, ossos e outros. Biorresíduos verdes são entregues em centros de reciclagem. Esquema PAYT que cobra moradores de acordo com a quantidade de resíduos depositada.	72%
Estíria (Áustria)	Responsabilidade da recolha de biorresíduos através do município ou de privados. A recolha deste fluxo inclui biorresíduos domésticos em contentores integrados no sistema de recolha seletiva e biorresíduos de jardins e espaços verdes recolhidos a partir de estruturas municipais.	85%
Viena (Áustria)	Recolha seletiva de biorresíduos através de sistema porta-a-porta, deposição coletiva e entrega em centros de reciclagem de resíduos.	34%
Liubliana (Eslovénia)	Entrega de biorresíduos em centros de reciclagem e esquema de recolha porta-a-porta de biorresíduos alimentares e verdes, sendo a frequência de recolha maioritariamente semanal. A recolha abrange 82% das residências da cidade. Implementação de um sistema PAYT aplicado ao fluxo de indiferenciados e biorresíduos.	73%
Londres (Inglaterra)	23 dos 33 municípios efetuam recolha seletiva de resíduos alimentares através do modelo porta-a-porta, servindo 1,7 milhões de habitações. Dos que efetuam recolha, 11 municípios recolhem resíduos alimentares separadamente de resíduos verdes, 11 municípios recolhem os biorresíduos em conjunto e apenas 1 município não faz recolha de resíduos verdes.	28%

Capítulo 3 - Contexto da Investigação

3.1 Porto Ambiente

A Empresa Municipal de Ambiente do Porto, E.M, S.A., também designada por Porto Ambiente, constituída em 2017 por delegação do município do Porto, é a entidade responsável pela gestão dos resíduos urbanos e limpeza do espaço público deste município (Porto Ambiente, 2022a). Em toda a área do Município, a Porto Ambiente representa a entidade gestora responsável pela recolha indiferenciada e seletiva e pelo encaminhamento dos resíduos urbanos para o destino final adequado, encaminhando também os RCD (Resíduos de Construção e Demolição) e os RCDA (Resíduos de Construção e Demolição com Amianto), com exceção dos resíduos originados por grandes produtores com produção superior a 1 100 L (Diário da República, 2019).

A Porto Ambiente encaminha os resíduos urbanos para tratamento (fundamentalmente operações de valorização) para o sistema de gestão em alta - a Lipor – Serviço Intermunicipalizado de Gestão de Resíduos do Grande Porto (Diário da República, 2019).

Para proceder a esta gestão dos resíduos urbanos, a Porto Ambiente disponibiliza aos munícipes contentorização de proximidade, tais como ecopontos e contentores individuais, que se encontram distribuídos pelo município, por forma a promover a separação dos resíduos de maneira fácil e cómoda para todos. Esta entidade efetua a recolha dos resíduos dos diversos pontos de deposição na cidade, juntamente com recolhas de serviços porta-a-porta para estabelecimentos comerciais e determinadas zonas habitacionais (Porto Ambiente, 2022a).

Por outro lado, a recolha seletiva de resíduos alimentares é promovida pelo município do Porto há mais de uma década, para o setor não doméstico, incluindo restaurantes, cafés, hotéis e cantinas. Em abril de 2021 eram abrangidos por esta recolha cerca de 1000 estabelecimentos comerciais (Município do Porto, 2021).

Em 2018 a Porto Ambiente iniciou a recolha seletiva porta-a-porta residencial, que inclui a recolha de resíduos alimentares, numa área constituída por 2000 habitações unifamiliares (Porto Ambiente, 2021c). A área abrangida pela recolha seletiva porta-a-porta não possui outras opções de deposição, sendo estes recolhidos na sua totalidade pelos circuitos de recolha porta-a-porta. De notar que nesta zona continuam instalados na via pública os contentores enterrados de deposição dos vários fluxos de resíduos, no entanto, não se encontram em utilização.

Juntamente com a recolha de resíduos, a Porto Ambiente é ainda responsável pela limpeza do espaço público, com o objetivo da manutenção e melhoria da limpeza e higienização da cidade. É da responsabilidade desta entidade também a sensibilização da população para as temáticas ambientais, para a prevenção da produção de resíduos, bem como a correta separação destes (Porto Ambiente, 2022a).

A Porto Ambiente tem implementados 2 projetos de separação, recolha e tratamento de biorresíduos, são estes o projeto Orgânico e as ilhas de Compostagem, ambos apresentados de seguida.

3.1.1 Projeto Orgânico

A Campanha Porto Orgânico, lançada em abril de 2020, tem como objetivo atingir um grau de cobertura da recolha seletiva de resíduos alimentares a 60% da população do município. Este projeto encontra-se incluído em projetos de fundos europeus e contempla o fornecimento de 500 contentores de recolha coletiva de resíduos orgânicos, de cor castanha, possibilitando a recolha desta fileira às habitações multifamiliares, através da instalação de equipamentos na via pública (Porto Ambiente, 2021a).

Os contentores incluídos neste projeto, e o controlo de acesso instalado nestes, podem ser observados na Figura 3.1 e Figura 3.2, respetivamente.



Figura 3.2: *Contentor orgânico distribuído pelo município do Porto.*



Figura 3.1: *Controlo de acesso instalado nos contentores orgânico do município. Fonte: Porto (2021).*

Apesar de o projeto contemplar a instalação de 500 contentores, até à data encontram-instalados na via pública apenas 405 unidades (cerca de 80%), uma vez que a instalação destes é realizada por fases e está dependente de financiamento europeu. No entanto, é expectável a instalação das restantes unidades até ao final do ano de 2022.

No município do Porto este projeto conta com 26 250 alojamentos aderentes, totalizando cerca de 63 000 habitantes, tendo sido recolhidas, no ano de 2021, 730 toneladas de resíduos orgânicos (Porto Ambiente, 2022b).

Os contentores "Orgânico" instalados, possuem um sistema de controlo de acesso, de maneira a serem apenas utilizados pela população aderente, com o objetivo de assegurar a qualidade dos resíduos recolhidos (Porto Ambiente, 2019a).

A população aderente a este projeto é sujeita a uma Campanha de Comunicação e Sensibilização que tem o objetivo de divulgar este projeto pelos munícipes e informá-los sobre as regras de separação de resíduos orgânicos (Porto Ambiente, 2019a)

Aos aderentes, juntamente com a Campanha de Comunicação é oferecido um kit que inclui um contentor individual, com capacidade de até 7 L para a separação de resíduos orgânicos no domicílio (Município do Porto, 2021), um cartão eletrónico de identificação para acesso ao contentor, bem como uma horta vertical e um saco-mochila (Porto Ambiente, 2021b).

O contentor individual distribuído pela população aderente pode ser observado na Figura 3.3.



Figura 3.3: *Contentor individual distribuído pela população aderente ao projeto orgânico. Fonte: Porto (2021).*

Os resíduos orgânicos recolhidos nos contentores "Orgânico" instalados na via pública são recolhidos pela Porto Ambiente e encaminhados para a central de valorização orgânica da Lipor, onde são transformados num composto orgânico (Nutrimais), que pode ser utilizado como corretivo orgânico (Porto Ambiente, 2021a).

A expansão da recolha seletiva de resíduos orgânicos apresenta-se como uma das prioridades do município do Porto no âmbito da gestão de resíduos urbanos (Município do Porto, 2021). Esta expansão evita a recolha desta fileira de resíduos nos contentores de resíduos indiferenciados, evitando o encaminhamento para valorização energética ou a sua deposição em aterro.

Para atingir uma boa valorização dos resíduos recolhidos, é imperativo que os resíduos depositados sejam os aconselhados, tais como pão, sacos de chá, borras de café, fruta e legumes, etc. (Porto Ambiente, 2019a). Os resíduos aconselhados e não aconselhados a serem depositados neste contentor (selecionados em colaboração com a Lipor) encontram-se apresentados de forma pormenorizada no Anexo C.

3.1.2 Ilhas de Compostagem

Na cidade do Porto existem, desde agosto de 2021, duas ilhas de compostagem comunitária, onde os residentes podem depositar os seus biorresíduos. Estas ilhas (Figura 3.4) encontram-se inseridas em 2 agrupamentos habitacionais distintos: Junto ao Parque Infantil do Amial e na Praça do Cávado, em Paranhos (Porto Ambiente, 2021b).



Figura 3.4: *Ilha de Compostagem do Amial. Fonte: Porto Ambiente (2021b).*

A deposição de resíduos é reservada à população aderente, que recebe um kit semelhante ao entregue no projeto Orgânico, neste caso com uma chave de acesso ao equipamento (Porto Ambiente, 2021b).

Este projeto contempla ainda o apoio de técnicos no terreno, que realizam a sensibilização e o acompanhamento do processo de compostagem. Destas ilhas de compostagem resultará um composto para utilização por parte de todos os aderentes ao projeto (Porto Ambiente, 2021b).

Na área da ilha de compostagem do Amial existem 498 habitações, das quais 87 são aderentes a este projeto, enquanto na ilha de compostagem de Paranhos, das 220 habitações abrangidas, apenas 36 depositam os seus biorresíduos nestas instalações (Porto Ambiente, 2022b), sendo a taxa de adesão às ilhas similar e em média cerca de 17%. Adicionalmente a esta solução, na área do Amial destacada para o tratamento local através de ilhas de compostagem, encontram-se também distribuídos pela população 21 compostores domésticos, enquanto na zona de Paranhos existem 10 compostores domésticos distribuídos. Estes, são entregues a pedido dos habitantes e, como tal, previamente à instalação das ilhas de compostagem já haveria unidades distribuídas nas habitações. No entanto, estes compostores domésticos podem continuar a ser solicitados para as áreas abrangidas pelas ilhas de compostagem

Este projeto, em colaboração com a LIPOR (Porto Ambiente, 2021b), foi desenvolvido através do projeto *CityLoops*, projeto liderado pelo ICLEI – Local Governments for Sustainability que tem como objetivo a implementação de ações destinadas a aumentar a circularidade na utilização de materiais, com foco nos resíduos de construção e demolição, bem como na matéria orgânica (Porto Ambiente, 2019b).

No caso da cidade do Porto, a participação neste projeto tem como objeto de estudo os resíduos orgânicos, incluindo a prevenção quanto à sua produção e a promoção da recolha seletiva desta tipologia de resíduos no setor residencial, no setor turístico e em instituições de cariz social (Porto Ambiente, 2019b).

Por forma a garantir uma boa compostagem e a obtenção de um bom composto final, é imperativo que os resíduos depositados sejam os aconselhados, tais como restos crus de frutas e legumes, folhas verdes, borras de café, entre outros (Porto Ambiente, 2019a). Os resíduos que são aconselhados e desaconselhados de serem depositados nas ilhas de compostagem podem ser consultados de forma detalhada no Anexo D.

Em comparação com os contentores de recolha seletiva de biorresíduos, nas ilhas de compostagem não podem ser depositados restos de carne e peixe crus ou cozinhados, uma vez que estes, num processo de compostagem comunitário, seriam fonte de maus odores.

3.1.3 Outras Soluções de Recolha e Tratamento

Como alternativa ao tratamento Local em Ilhas de Compostagem, a Porto Ambiente possui também, em articulação com a Lipor, distribuídos pelas habitações dos munícipes, 2480 compostores domésticos, nos quais a compostagem é realizada individualmente pelo proprietário da habitação (Porto Ambiente, 2022b).

A Porto Ambiente realiza também a recolha seletiva porta-a-porta de embalagens plásticas e metálicas, papel e vidro, resíduos alimentares, e fração resto, na zona de Serralves, com 2 circuitos de recolha distintos que, em 2021, contavam com 1988 aderentes, tendo sido recolhidas 900 toneladas/ano de resíduos através de recolha seletiva (Porto Ambiente, 2022b). As diferentes frações possuem uma frequência de recolha distinta, sendo que os resíduos orgânicos são recolhidos duas vezes por semana, o papel, embalagens e resíduos indiferenciados são recolhidos semanalmente e o vidro é recolhido quinzenalmente.

Na zona das Antas, desde maio de 2022 existe também recolha seletiva porta-a-porta de embalagens plásticas e metálicas, papel e vidro, resíduos alimentares, e fração resto, num circuito com 850 aderentes (Porto Ambiente, 2022b). Para este caso ainda não existem informações específicas de quantidades recolhidas.

O serviço de recolha porta-a-porta não residencial (essencialmente comercial) no município do Porto teve início em 2006 e conta atualmente com 6 circuitos diários, incluindo a zona da Ribeira. Estes circuitos efetuam a recolha de segunda a sábado, durante a tarde. Para esta recolha são distribuídos contentores de diversas capacidades, sem custos para os aderentes, que em 2021, eram 1200. No ano de 2021, foram recolhidas 5 396 toneladas provenientes deste serviço (Porto Ambiente, 2022b).

A recolha não residencial de resíduos verdes teve início em outubro de 2020, com a distribuição de 100 contentores de 1000 litros em estabelecimentos de ensino, instituições (tais como instituições de apoio social), e urbanizações, possuindo 44 aderentes com uma produção de 293 toneladas no ano de 2021. A recolha de resíduos verdes residencial teve início em dezembro de 2020, data a partir da qual foram distribuídos 10 000 sacos reutilizáveis para a deposição individual desta tipologia de resíduos, sendo posteriormente agendada a sua recolha. De momento este projeto conta com 1004 aderentes, com uma produção de 122 toneladas no ano de 2021 (Porto Ambiente, 2022b).

3.2 Apresentação do Caso de Estudo

3.2.1 Área de Implementação do Estudo

O Município do Porto é um dos dezoito municípios do Distrito do Porto, abrangendo uma área de 41,4 km^2, representando 2,02% da área metropolitana do Porto, constituída por 17 municípios, 0,19% da área da região Norte e 0,04% do território nacional (amporto, 2022).

A população do concelho do Porto apresentou, até à década de 80, uma trajetória de crescimento. Desde aí, a população residente tem decrescido, apresentando entre os anos de 1981 e 2011 uma perda de cerca de 90 mil habitantes (Alexandra Faria, 2018). Efetivamente, o concelho do Porto foi o concelho do Grande Porto que apresentou a maior taxa de variação negativa na população residente, entre os anos de 2001 e 2011, de -10% (Alexandra Faria, 2018), e entre os anos de 2011 e 2021 de -2%.

No ano de 2021, o município contava com 231 828 residentes, um decréscimo de 5 763 habitantes face ao ano de 2011, uma redução de cerca de 2,4% (PORDATA, 2022).

É importante realçar que existe uma grande discrepância no Porto entre a população residente e a população "utilizadora", sendo esta a população que se desloca todos os dias ao Porto para trabalhar, estudar ou utilizar os serviços da cidade. Inclui também os turistas que durante todo o ano visitam a cidade. Apesar de não existirem dados completos sobre esta população utilizadora, é possível determinar, com o auxílio do recenseamento de 2011, que se deslocavam nesse ano para o Porto diariamente quase 114 000 pessoas para trabalhar e 40 000 pessoas para estudar. Foi também possível apurar que nesse ano existiam na cidade uma média de 9 000 turistas por dia (Alexandra Faria, 2018). Importa assim referir, que embora esta população "utilizadora" não seja fixa no município, o seu número é bastante relevante, sendo que, incluindo esta população, o número de cidadãos, residentes e não residentes, que utilizam os serviços do município e que, inevitavelmente, produzem resíduos representa quase o dobro da população residente do município.

Na Figura 3.5, é possível consultar a demografia da população do Município. No que diz respeito à faixa demográfica dos residentes, a cidade tem vindo a ficar mais envelhecida, sendo que em 2021 o grupo de população com 65 ou mais anos representava 26% da população, e os jovens com menos de 15 anos representava apenas 11,4%. A população em idade ativa, entre os 15 e os 64, representava como tal, em 2021, 62,6% da população (PORDATA, 2022).

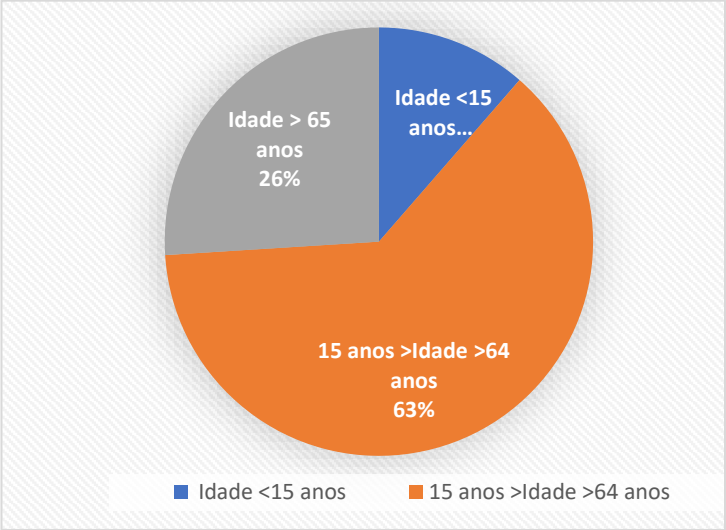


Figura 3.5: *Faixa etária da população do Município do Porto, no ano de 2021, em percentagem.*

3.2.2 Caracterização Habitacional do Município

Os alojamentos encontram-se classificados, segundo os Censos, em diversas categorias, onde importa distinguir entre alojamentos unifamiliares ou alojamentos familiares clássicos, destinados ao alojamento de apenas uma família, e alojamentos coletivos tais como estabelecimentos hoteleiros, lares de idosos, hospitais, entre outros (Carlos Oliveira, 2018).

Na cidade do Porto tem-se verificado o aumento do número de alojamentos unifamiliares, existindo 133 644 alojamentos em 2021 e sendo 99,8% destes alojamentos familiares clássicos e 0,2% alojamentos coletivos (PORDATA, 2022).

Nas diferentes freguesias do concelho destacam-se Lordelo do Ouro, Paranhos e Ramalde como as principais zonas onde tem ocorrido expansão urbana, no entanto também Cedofeita, São Nicolau e Vitória registaram taxas de crescimento de alojamentos familiares positivas (Carlos Oliveira, 2018).

A Figura 3.6 mostra a variação dos alojamentos familiares, entre os anos de 2001 e 2011, para as diferentes freguesias do concelho.

A densidade habitacional possui uma variação considerável, atingindo valores mais elevados na parte norte das freguesias de Bonfim, Cedofeita e Santo Ildefonso. Nestas áreas encontra-se uma forte presença da função residencial e elevadas densidades de edifícios plurifamiliares (Carlos Oliveira, 2018).

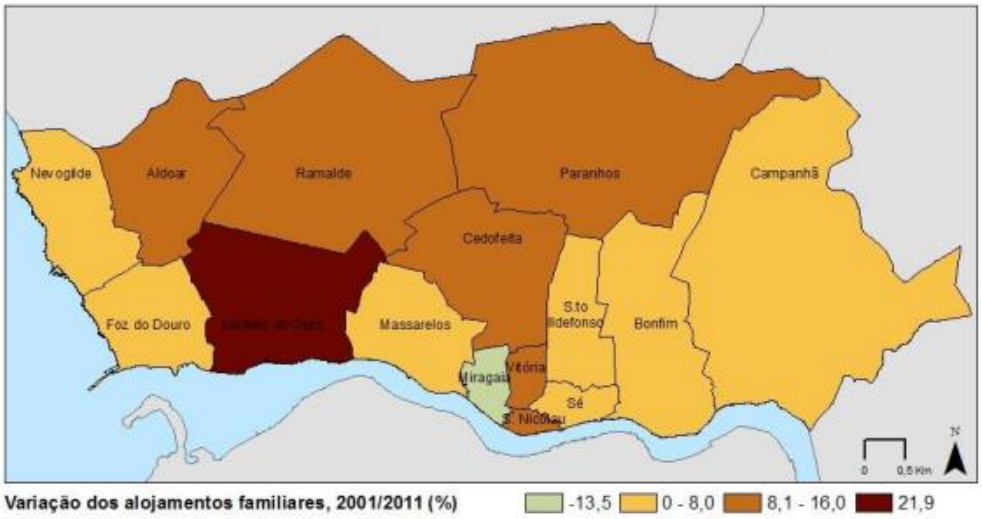


Figura 3.6: *Variação dos alojamentos familiares no Município do Porto, entre 2001 e 2011. Fonte: Carlos Oliveira (2018).*

O "eixo" Baixa-Boavista situa-se entre o território apresentado em cima e o centro histórico e caracteriza-se por ser uma zona com uma elevada concentração de funções terciárias, o que resulta numa concentração residencial menor. Na zona do Centro Histórico encontra-se uma situação mista, onde existem áreas densamente povoadas e outras zonas mais direcionadas para o turismo, lazer e serviços públicos, sendo estas as zonas de São Nicolau, Miragaia e Vitória (Carlos Oliveira, 2018).

Nas freguesias mais exteriores, as residências unifamiliares têm maior influência, o que implica uma densidade populacional mais reduzida.

Na Figura 3.7 apresenta-se a densidade de alojamentos familiares na cidade do Porto, para as diferentes freguesias, no ano de 2011 (Carlos Oliveira, 2018).

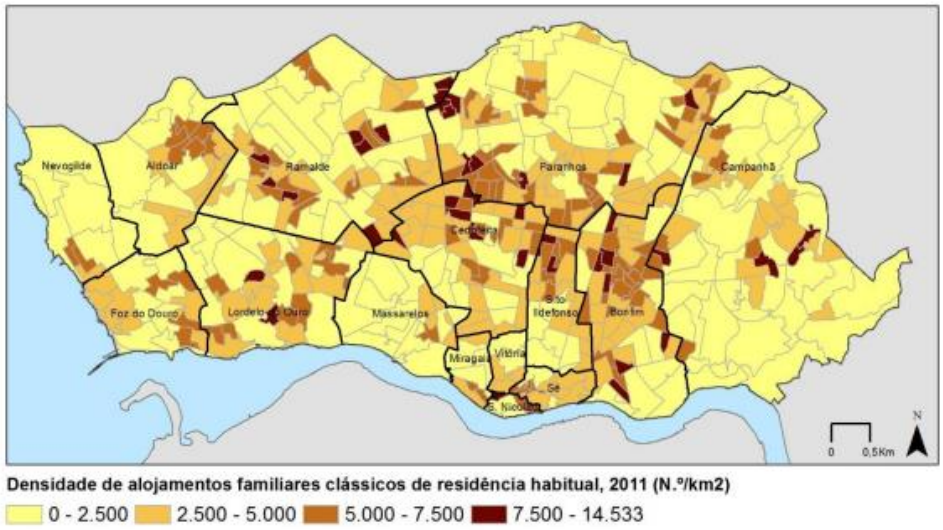


Figura 3.7: *Densidade de alojamentos familiares clássicos de residência habitual no ano de 2011. Fonte: Carlos Oliveira (2018).*

Na cidade do Porto é predominante a existência de edifícios com menos de 3 pisos (Carlos Oliveira, 2018). Contudo, os edifícios da cidade representam variação quanto à sua tipologia, sendo que edifícios com pelo menos 5 pisos se situam maioritariamente em zonas envolventes ao centro do Porto, com dinâmicas construtivas relativamente recentes.

É ainda de notar as zonas da cidade com maior concentração de construção em altura, sendo estas a Cidade Cooperativa da Prelada, as envolventes ao estádio do Bessa e ao Pinheiro Manso/São João de Brito em Ramalde, o nó de Bessa Leite em Lordelo do Ouro e Areosa em Paranhos, bem como a envolvente ao Estádio do Dragão em Campanhã (Carlos Oliveira, 2018).

Através da análise dos dados do Plano Diretor Municipal do Porto, é possível verificar ainda que a freguesia com maior número de alojamentos é Paranhos. A maior presença de residências unifamiliares encontra-se nas freguesias no limite do município, tais como Campanhã e União de Freguesias de Aldoar, Foz do Ouro e Nevogilde (Carlos Oliveira, 2018).

3.2.3 Produção de Resíduos no Município

No ano de 2020 foram recolhidas no município 103 205 toneladas de resíduos provenientes de recolha indiferenciada e 27 726 toneladas recolhidas seletivamente, totalizando uma produção de resíduos de 130 931 toneladas. Do total de RU produzidos, 5 068 toneladas correspondiam à recolha seletiva resíduos orgânicos (Porto Ambiente, 2021d).

Tendo constituído o ano de 2020 uma situação particular devido à pandemia COVID-19, os dados desse ano não são considerados representativos da realidade do município, assim sendo, irão ser considerados os valores para a produção de resíduos no último Relatório de Caracterização de Resíduos Indiferenciados do Município do Porto, com valores indicativos para o ano de 2018.

No ano de 2018, o Município do Porto apresentou uma produção global de resíduos urbanos de 144 940 toneladas, correspondendo a uma capitação média de 676 kg/hab/ano. Este valor apresenta uma distância significativa quanto ao traçado para o ano de 2020 pelo PERSU 2020, de 410 kg/hab.ano, como apresentado no capítulo 2.1.4.

Na Tabela 3.1 são apresentadas as quantidades de resíduos recolhidos nos anos de 2016, 2017 e 2018, no que diz respeito à recolha indiferenciada e aos diferentes resíduos recolhidos seletivamente.

Tabela 3.1: *Evolução da produção de resíduos urbanos da recolha indiferenciada e seletiva entre 2016 e 2018. Adaptado de: Ernest &Young (2019)*

	2016	2017	2018
	Toneladas		
Indiferenciado	111 851	114 246	116 749
Recolha seletiva – Materiais Recicláveis	13 057	13 085	13 947
Papel/Cartão	4 978	4 854	5 425
Embalagens e Plásticos	2 726	2 730	3 027
Metais	88	96	93
Vidro	5 265	5 405	5 402
Outros Seletivos	2 516	2 428	3 515
Volumosos	758	638	683
Madeiras	1 529	1 566	2 336
Outros Seletivos	229	224	497
Recolha Seletiva – Biorresíduos	8 449	9 335	10 729
Orgânicos	5 088	5 358	5 600
Verdes	2 817	3 447	4 558
Verdes Cemitérios	544	530	570
Total	135 874	139 093	144 940

Da análise da Tabela 3.1, é possível observar que, apesar de entre o ano de 2016 e 2018 a quantidade de resíduos de recolha indiferenciada ter aumentado, em relação à produção total de resíduos dos respetivos anos a percentagem de resíduos de recolha indiferenciada passou de 82,3% em 2016 para 80,5% em 2018. Em relação aos resíduos de recolha seletiva de materiais recicláveis, a sua produção manteve-se constante, representando 9,6% da produção total nos anos de 2016 e 2018. A recolha seletiva de resíduos volumosos, de resíduos de madeira e outros seletivos apresenta um ligeiro aumento entre 2016 e 2018, representando, respetivamente, 1,9% e 2,4% do total de resíduos produzidos. Por fim, é também possível observar através dos dados apresentados na Tabela 3.1 que os biorresíduos recolhidos seletivamente entre os anos de 2016 e 2018 aumentaram também, sendo que no ano de 2016 representavam 6,2% da totalidade de resíduos recolhidos, e no ano de 2018 esta percentagem aumentou para 7,4%.

Através dos dados de produção anual de resíduos no município do Porto, é também possível analisar a evolução da capitação anual de produção de resíduos, que tem vindo a aumentar e no ano de 2016 foi de cerca de 634 kg/hab, no ano de 2017 de 649 kg/hab, e no ano de 2018, como referido anteriormente, de 676 kg/hab. Através destes valores é

possível observar uma tendência crescente de produção de resíduos para o município do Porto.

3.2.4 Sistemas de Deposição e Recolha de RU no Município do Porto

No Município existem diversos equipamentos de deposição de resíduos, dependendo da sua tipologia. Informação detalhada sobre quantidades e equipamentos existentes de acordo com um estudo de 2019 podem ser consultados na Tabela 3.2. Importa referir que os dados apresentados nesta tabela não são representativos da situação atual, nomeadamente no que diz respeito a contentores de resíduos orgânicos, devido à sua data. Realça-se que já se encontram instaladas 405 unidades. Também em relação a resíduos orgânicos a tabela não apresenta as duas ilhas de compostagem instaladas desde 2021 no município. Por fim, nesta tabela não se encontra ainda discriminado o novo circuito de recolha porta-a-porta, em vigor desde maio do presente ano, na zona das Antas.

Na cidade, a recolha de resíduos indiferenciados encontrava-se, em 2019, dividida em 29 circuitos de recolha de contentores de superfície e 12 circuitos de recolha de contentores enterrados e semi-enterrados (Ernest & Young, 2019). Existem ainda em funcionamento 2 Ecocentros, na zona da Prelada e na zona das Antas, onde é possível a deposição de diversos tipos de material, que não podem ser depositados nos equipamentos usuais devido à sua dimensão ou quantidade (Ernest & Young, 2019).

Tabela 3.2: *Equipamentos de deposição de resíduos existentes, no ano de 2019, na cidade do Porto. Fonte: Ernest & Young (2019)*

		Porto			
		Nº Contentores	**Tipologia dos Contentores**	**População abrangida**	**Periodicidade**
Recolha Indiferenciada	**Contentores Enterrados e Semi-Enterrados**	5 700	Citytainers (5m^3)	98%	Diária: 2ª a Sáb Horário diurno e noturno
	Contentores de Superfície		800 L e 1 100 L		
	Saco/ Baldeação	-	Saco		
	Compartimento do Lixo	Não disponível			
	Porta-a-Porta	1 200	140 L	2%	Indiferenciado: 1x/semana Proejto: Reciclar é Dar +
Recolha Seletiva	**Contentores Enterrados e Semi-Enterrados**	1 042 conjuntos de 3	citytainers (5m^3) Moloks (5m^3)	98%	Diária: 2ª a Sáb Horário diurno
	Ecopontos		Cyclea (2,5 m3)		
	Compartimento do Lixo	Não disponível			
	Porta-a-Porta	1 200 conjuntos de 3	140 L	2%	Embalagens: 1x/semana Papel/Cartão: 1x/semana Vidro: 1x/semana Projeto: Reciclar é Dar +
Resíduos Orgânicos	**Porta-a-Porta**	1 200	140 L	2%	Orgânicos: 2x/semana Projeto: Reciclar é Dar +
	Contentores de Superfície	Implementação Futura			
Resíduos Verdes	**A pedido**	-	-	100%	Agendamento de acordo com a disponibilidade da equipa
	Contentores de Superfície	Não disponível			
	Recolha Programada (junto aos contentores)	Não disponível			
	Porta-a-Porta	Implementação Futura			
	Ecocentro	-	-	100%	2 Ecocentros: Antas e Prelada
	Parque de Verdes	Não disponível			
Resíduos Volumosos	**A pedido**	-	-	100%	Agendamento de acordo com a disponibilidade da equipa
	Recolha Programada (junto aos contentores)	Não disponível			
	Ecocentro	-	-	100%	2 Ecocentros: Antas e Prelada
RCD	**A pedido**	-	-	100%	Agendamento de acordo com a disponibilidade da equipa
	Ecocentro	-	-	100%	2 Econcentros: Antas e Prelada
Comercial e Industrial	**Orgânicos**	-	Contentor	Restaurantes, cantinas, cafés, hotéis, supermercados e frutarias	Proj: Operação Restauração 5 Estrelas
	Recicláveis		Saco/Fardo	Comércio, serviços e restauração	Proj: Aqui separamos com o coração
		-	Saco/Fardo	Comércio e serviços	Proj: Ecofonte - As recolhas são garantidas pela LIPOR
	Equiparados (Indiferenciados)	-	Saco/Fardo	Comércio e serviços	

3.3 Metodologia

3.3.1 Critérios de Seleção das Áreas a Instalar o Tratamento Local

Tendo sido selecionadas as ilhas de compostagem (informação na secção dos resultados – Subcapítulo 4.1), para selecionar as áreas para implementação desta tipologia de tratamento procedeu-se ao estudo do município, recorrendo ao ArcGIS e Google Maps.

O ArcGIS permitiu a análise geográfica das soluções de tratamento de biorresíduos existentes no Município e a alocação de novos locais sendo que o Google Maps foi utilizado na análise das características físicas do município para avaliação de áreas com potencial de instalação de novas soluções.

Numa primeira fase, e recorrendo à localização geográfica dos contentores do projeto Orgânico, identificaram-se as áreas em que não existiam contentores instalados, de forma a evitar duplicação de soluções dedicadas para os biorresíduos (recolha e tratamento local). Pelo mesmo motivo, foram também sinalizados os locais onde se encontra implementado o projeto de recolha porta-a-porta residencial de resíduos orgânicos, zonas estas que também devem ser evitadas aquando da seleção de zonas para implementação de tratamento local comunitário.

Conhecendo as áreas onde já existem soluções de recolha ou tratamento de biorresíduos, iniciou-se a avaliação das características de cada área identificada para a possível instalação do tratamento local, nomeadamente no que respeita à tipologia de habitações, existência de jardins nessas habitações, e proximidade entre habitações, com a finalidade de avaliar a adequabilidade de diferentes zonas para a instalação do tratamento local comunitário. Para esta instalação foram desconsideradas áreas com habitações em altura, que não apresentem pequenos jardins ou hortas, as quais se considera que deverão ser servidas por contentores de proximidade, assim como zonas habitacionais nas quais as diferentes habitações possuem uma grande área de jardim, uma vez que para estas habitações a solução mais adequada será um compostor doméstico individual, devido à grande quantidade de resíduos verdes produzidos.

No estudo das possíveis localizações para instalação de tratamento local comunitário excluíram-se ainda as zonas do Centro da cidade e da Ribeira, devido às suas características habitacionais, e também a zona industrial, devido à baixa densidade de habitações nessa zona.

Por forma a estudar a dimensão das ilhas de compostagem a instalar, foram contabilizados os números de polícia das habitações abrangidas por cada área selecionada, através da planta do município no ArcGIS.

Considerando a taxa de adesão média às ilhas de compostagem já instaladas no município (16,9%; capítulo 3.1.2), assumindo que esta taxa de adesão será semelhante em novos locais de instalação de ilhas de compostagem e, sabendo o número de habitações existentes em cada área selecionada para a instalação do projeto, foram estimadas as habitações aderentes em cada uma dessas áreas.

Também através da planta do município no ArcGIS, sobreposta com os pontos onde existem compostores domésticos instalados, juntamente com as áreas identificadas para a instalação do tratamento local, foi possível contabilizar o número de compostores domésticos já distribuídos em cada uma das respetivas áreas.

Para a determinação do número de módulos considerou-se, tendo por base o conhecimento atual de gestão destes equipamentos (considerando módulos de compostagem de 1000 L, semelhantes aos já instalados no Município), que para cada 60 habitações, deverá ser instalado 1 módulo de admissão, 1 módulo intermédio e 1 módulo de maturação, sendo este último partilhado caso sejam instalados 5 módulos.

3.3.2 Estudo de Localizações de Instalação do Tratamento Local

Após seleção das áreas, iniciou-se a avaliação dos locais para instalação das ilhas de compostagem. Para isso, recorreu-se ao programa Google Maps, que permitiu identificar locais, preferencialmente em áreas verdes pertencentes ao Município, que tivessem dimensões adequadas (com, pelo menos, dimensão suficiente para a instalação de 3 módulos de compostagem) para a instalação do tratamento local.

Após este estudo inicial, foram realizadas visitas a estes locais por forma a verificar a facilidade de acesso, a dimensão real destes, as condições de sombra e exposição solar e a existência de um ponto de água passível de ser utilizado pela tecnologia de tratamento local. Juntamente com estes fatores, identificou-se também a existência de equipamentos de deposição de resíduos nas proximidades desses locais, especialmente ecopontos. Este ponto foi considerado de extrema importância uma vez que torna a utilização da solução mais cómoda, já que se pretende incentivar a separação dos resíduos orgânicos. Por outro lado, colocar ilhas de compostagem próximas de locais aos quais as pessoas já se dirigem

para a deposição seletiva dos seus resíduos poderá incentivar a sua utilização, evitando também uma viagem extra para a deposição dos resíduos orgânicos.

Após a análise dos possíveis locais de instalação, o local com melhores condições em cada área foi avaliado com o auxílio de uma análise multicritério. Para esta análise definiram-se 7 parâmetros, sendo estes: Facilidade de Acesso; Existência de Locais com Sombra; Existência de Ponto de Água; Espaço Suficiente para a Instalação do Tratamento Local; Localização numa Área Verde; Proximidade de Ecopontos; e, Ponto Extra. Este ponto extra foi definido por forma a avaliar fatores únicos que possam ocorrer nos diferentes locais. Aos diferentes parâmetros apresentados foram atribuídas pontuações positivas ou negativas, consoante as condições observadas no local. Estas pontuações foram definidas por ordem de importância dos 7 parâmetros definidos, da forma apresentada na Figura 3.8.

De referir que o parâmetro Ponto Extra confere aos locais +1 ponto caso o fator único avaliado neste local seja um ponto positivo para a instalação do tratamento local e -1 ponto em caso contrário. Apresenta-se como exemplo deste Ponto Extra o local 4.1 (Anexo G) no qual, após visita presencial, se verificou que o terreno é bastante inclinado, fator que irá dificultar a instalação das ilhas de compostagem, assim esta característica foi considerada como uma desvantagem à instalação da tecnologia de tratamento local, tendo conferido uma pontuação de -1 ponto para este local na análise multicritério realizada. Considerando as pontuações apresentadas, um local poderá, no máximo, obter uma pontuação de 28 pontos.

O parâmetro Existência de Locais de Sombra foi considerado o segundo menos importante uma vez que em casos de comprovada eficácia do processo, tal como se sabe que sucede em Pontevedra, diversas ilhas de compostagem encontram-se em locais sem sombra, sem influenciar o processo negativamente. O parâmetro Existência de Ponto de Água foi considerado o menos importante uma vez que esta situação muito dificilmente consegue ser cumprida e pode ser ultrapassada através da utilização pelo técnico de garrafões de água em caso de necessidade, não afetando a possível implementação das ilhas de compostagem.



Figura 3.8: *Pontuações atribuídas aos diferentes parâmetros avaliados através da análise multicritério.*

De forma a resumir toda a informação sobre cada local, criaram-se fichas de avaliação, com a designação X.Y, representando X o número da área e Y o número do local. Nestas foram avaliadas as condições do local, tal como na análise multicritério, sendo também apresentado o número de habitações e residentes abrangidos em cada uma das áreas, o número de módulos de 1000 L necessários nas diferentes áreas e a pontuação atribuída a esse local pela análise multicritério. Nestas encontram-se também as conclusões da análise para cada local, indicando os locais onde se propõe instalar as ilhas de compostagem.

Capítulo 4 - Resultados e Discussão

4.1 Seleção da Solução de Tratamento local

Por forma a selecionar a solução de tratamento local adequada para o município, analisaram-se as diferentes soluções de tratamento local descritas no subcapítulo 2.2.4, considerando em particular aspetos técnicos e económicos.

Decidiu-se que a solução mais favorável para implementação no município seriam as ilhas de compostagem, uma vez que, tal como apresentado no capítulo 3.1.2, esta solução já se encontra instalada no Município, pelo que os cidadãos já se encontram familiarizados. Apesar de esta tecnologia já ser conhecida por alguns munícipes, será necessário a realização de campanhas de sensibilização e informação nos novos locais onde se pretende instalar ilhas de compostagem. Esta foi também considerada a tecnologia mais favorável à implementação uma vez possui uma instalação relativamente simples, e não necessita de ser adquirido qualquer tipo de organismos para efetuarem a compostagem (como seria necessário na vermicompostagem). Como também já referido, para as ilhas já instaladas no Município, existe uma figura responsável, denominada por Mestre de Compostagem, que realiza a monitorização das ilhas de compostagem já existentes, e que será assim eventualmente responsável pela monitorização destas nos novos locais.

4.2 Áreas Propostas para a Instalação de Ilhas de Compostagem

Após aplicação da metodologia descrita, identificaram-se as áreas que se discriminam na Figura 4.1 como as áreas indicadas para a implementação do tratamento local de biorresíduos, pelo que o restante estudo será realizado com base nestas. De notar que, na freguesia de Campanhã, as habitações são dispersas entre si, sendo a única opção de área viável à instalação, a área 13 apresentada.

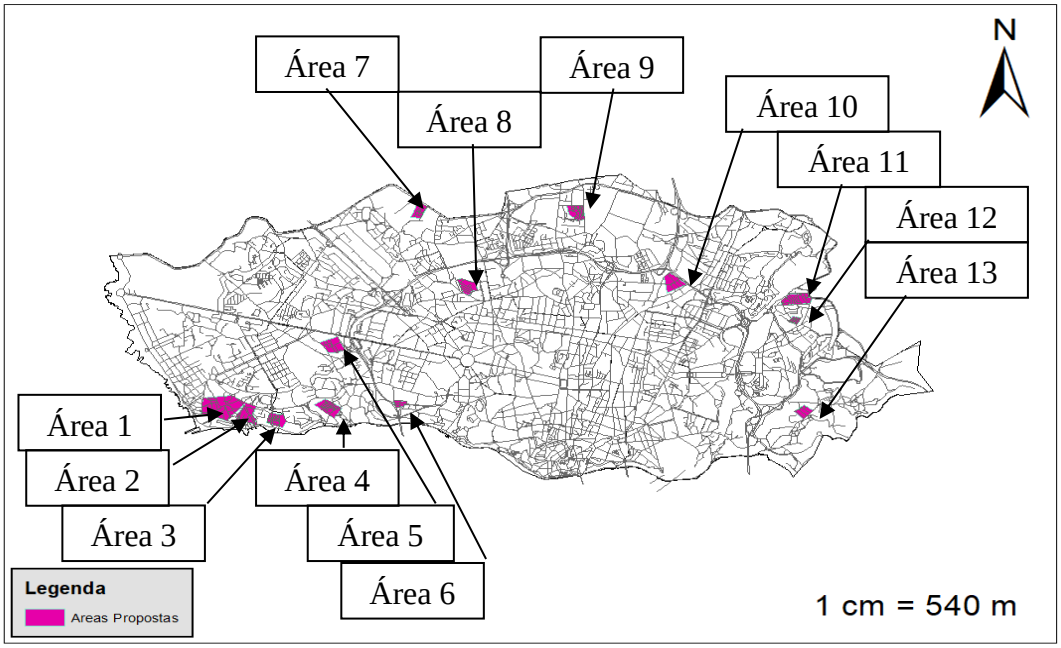


Figura 4.1: *Áreas propostas para implementação do tratamento local de biorresíduos no município do Porto.*

No Anexo E é possível consultar uma imagem da planta da cidade com os diferentes pontos estudados: locais de recolha porta-a-porta; locais onde já se encontram instaladas ilhas de compostagem e os locais com contentores para resíduos orgânicos. A Figura 4.2. mostra a planta final com todas as diferentes camadas de informação sobrepostas, de maneira a demonstrar que as áreas selecionadas não possuem qualquer opção de recolha ou tratamento local de biorresíduos.

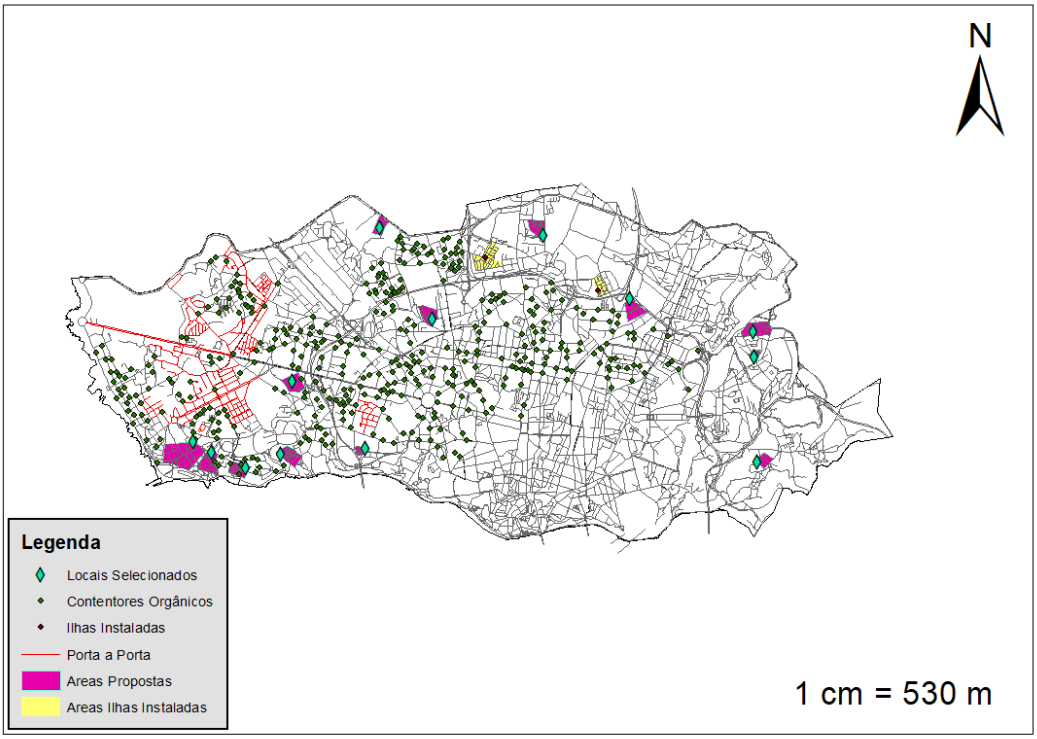


Figura 4.2: *Planta do município do Porto, com indicação das ilhas de compostagem já instaladas, os contentores orgânico distribuídos pela via pública, os locais onde existe recolha seletiva porta-a-porta e as áreas e locais onde se propõe a instalação de novas ilhas de compostagem.*

Por forma a estudar a dimensão das ilhas de compostagem a instalar, foram contabilizadas as habitações inseridas em cada área selecionada e realizada a estimativa do número de aderentes (Tabela 4.1). Na Tabela 4.1 são também apresentadas as unidades de compostores domésticos para as áreas selecionadas, bem como o número de módulos de compostagem a instalar de acordo com a metodologia previamente descrita.

Importa mencionar que na contabilização do número de módulos necessários para cada área em estudo, foi considerado o possível aumento da taxa de adesão, pelo que, para áreas com taxa de adesão estimada superior a 35 habitações, foi considerado a instalação de 5 módulos, como por exemplo para a área 5 com 38 habitações aderentes estimadas, sendo que no início do projeto poderão apenas estar em funcionamento 3 destes.

*T**abela 4.1:** Número de habitações inseridas nas diferentes áreas selecionadas e estimativa de habitações aderentes à tecnologia de tratamento local em cada área do projeto*

Área	Habitações Abrangidas	Compostores Domésticos	Estimativa de Habitações Aderentes	Taxa de adesão estimada	Dimensão Ilha Necessária
Área 1	719	13	122	16,92 %	10 módulos
Área 2	355	10	60		5 módulos
Área 3	145	0	25		3 módulos
Área 4	293	13	50		5 módulos
Área 5	226	10	38		5 módulos
Área 6	64	0	11		3 módulos
Área 7	163	4	28		3 módulos
Área 8	267	6	45		5 módulos
Área 9	213	6	36		5 módulos
Área 10	222	9	38		5 módulos
Área 11	342	16	58		5 módulos
Área 12	82	1	14		3 módulos
Área 13	166	9	28		3 módulos

Os locais identificados como possíveis para a instalação do tratamento local podem ser identificados na Figura 4.3.

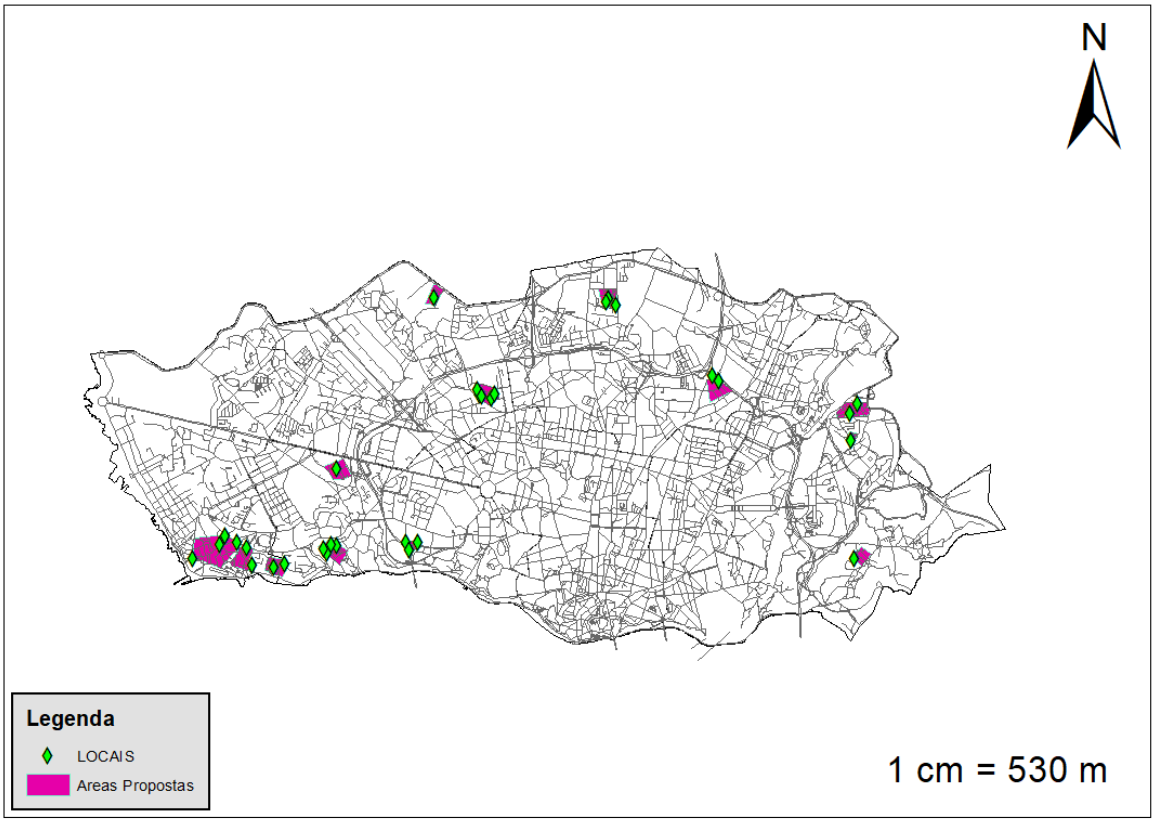


***Figura 4.3:** Locais selecionados com possíveis para a instalação do tratamento local, para cada área selecionada, no município do Porto.*

4.3 Localização Específica do Tratamento Local a Instalar

Através da análise multicritério realizada, apresentada no capítulo 3.3.2 foi possível determinar os locais mais indicados para a instalação do tratamento local, para as diferentes áreas, sendo que as localizações selecionadas, bem como a pontuação conferida pela análise multicritério, encontram-se apresentadas na Tabela 4.2.

Tabela 4.2: *Locais propostos para a instalação do tratamento local, para cada área em estudo*

Área	Local de Instalação	Coordenadas	Pontuação Análise Multicritério
1	1854 Rua de Diogo Botelho	41°09'09.3"N 8°40'09.6"W	13
2	Rua de Fernão Lopes	41°09'04.7"N 8°39'57.7"W	13
3	723 Rua de Paulo da Gama	41°08'55.9"N 8°39'36.0"W	23
4	Largo Póvoa de Varzim	41°09'03.6"N 8°39'15.0"W	23
5	25 Largo Maestro Miguel Ângelo	41°09'37.0"N 8°39'09.6"W	23
6	76 Rua Professor José Valente	41°09'07.1"N 8°38'22.8"W	13
7	Largo dos Cisnes	41°10'49.4"N 8°38'15.3"W	23
8	114 Rua do Castelo de Guimarães	41°10'06.6"N 8°37'42.0"W	23
9	140 Rua da Ilha Terceira	41°10'49.2"N 8°36'38.8"W	23
10	310 Rua do Professor Mendes Correia	41°10'16.7"N 8°35'39.8"W	17
11	162 Largo Valverde	41°10'01.2"N 8°34'24.6"W	23
12	53 Rua dos Bem- Me-Queres	41°09'49.7"N 8°34'22.8"W	13
13	142 Rua do Rio da Vila	41°09'01.0"N 8°34'21.4"W	-8

De referir que na área 13, o único local passível de instalação do tratamento local é o apresentado na Tabela 4.2, porém, este encontra-se ocupado com plantações de árvores, impedindo a instalação de uma ilha de compostagem, por falta de espaço. Como tal, a

solução de tratamento local é apenas aconselhada nas áreas 1 a 12. A Tabela com a apresentação da análise multicritério, e as fichas de avaliação de cada local podem ser consultadas nos Anexos F e G, sendo que se apresenta na Tabela 4.3 um excerto da Tabela apresentada no Anexo F, e na Figura 4.4 a ficha de avaliação do local 3.1, a título de exemplo. Nos locais apresentados na Tabela 4.3 pode-se verificar que não foi considerada a existência de situações excecionais, designadas por "EXTRA", pelo que não foi atribuído a este parâmetro nenhuma pontuação extra.

Tabela 4.3: *Excerto de tabela com a análise multicritério realizada para os locais estudados, apresentada no Anexo F, com realce para as melhores pontuações dos locais nas respetivas áreas*

Área	Local	Morada	Coordenadas	Acessos	Sombra	Ponto de Água	Espaço	Área Verde	Proximidade de Ecopontos	Extra	Pontuação Extra	TOTAL
1	1	1854 Rua de Diogo Botelho	41°09'09.3"N 8°40'09.6"W	6	3	-2	7	4	-5	-	-	13
1	2	1740 Rua de Diogo Botelho	41°09'06.7"N 8°40'03.0"W	6	3	-2	7	4	-5	-	-	13
1	3	26 Caminho da Fonte de Cima	41°09'05.7"N 8°40'12.7"W	6	-3	2	7	-4	-5	-	-	3
1	4	Esplanada do Castelo	41°08'58.5"N 8°40'32.0"W	6	-3	-2	7	4	-5	-	-	7
2	1	Rua de Fernão Lopes	41°09'04.7"N 8°39'57.7"W	6	3	-2	7	4	-5	-	-	13

Designação: 3.1

Arruamento - Ponto de Referência: 64 Rua 2 do Bairro da Rainha D. Leonor

Coordenadas: 41°08'55.8"N 8°39'42.6"W





Condições Para Instalação

Facilidade de Acesso	S [ ]	N [x]	Zona de Sombra	S [x]	N [ ]
Ponto de Água	S [ ]	N [x]	Espaço Público	S [x]	N [ ]
Proximidade de Ecopontos	S [ ]	N [x]			

Características da Área Envolvente

Habitações Abrangidas: 145

População Abrangida: 348

Tipologia de Habitação: Unifamiliar Com jardim : S [x] N [ ]

Conclusão:

Pontuação Análise Multicritério: -7

Número de Módulos Necessários : 3

Observações:

Figura 4.4: *Ficha de avaliação do local 3.3 em análise.*

As localizações finais selecionadas para a instalação do tratamento local em cada área podem ser observadas na Figura 4.5.

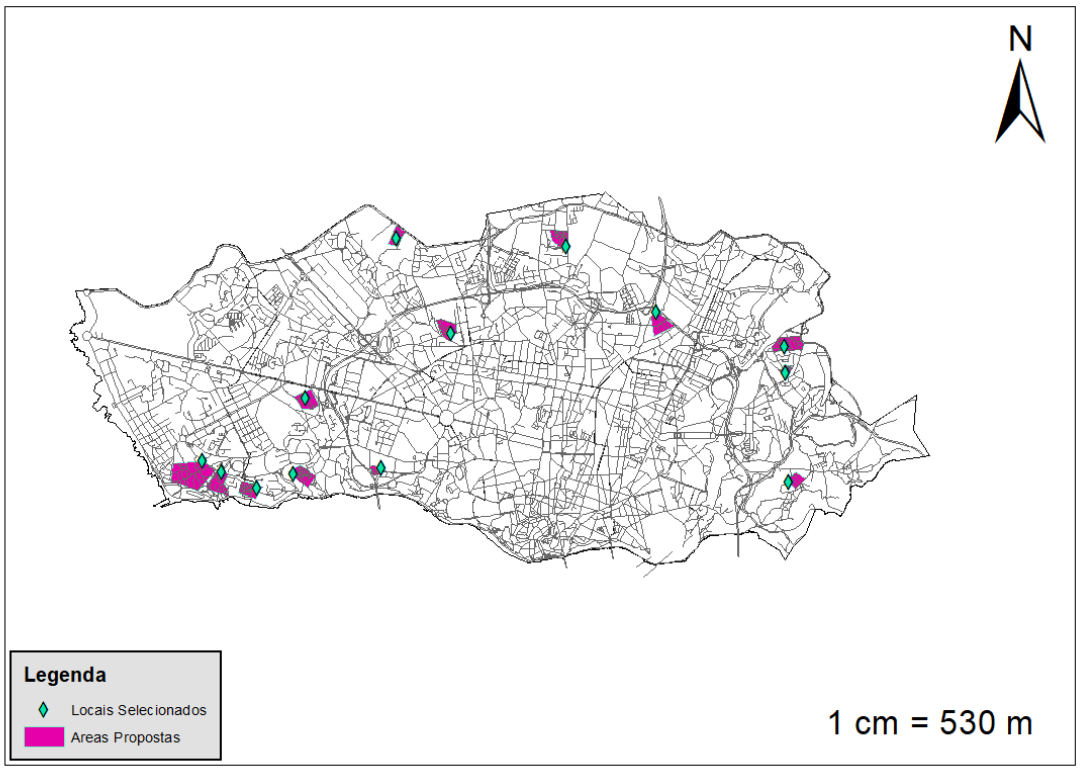


Figura 4.5: *Locais selecionados para a instalação do tratamento local para as áreas selecionadas.*

A solução de instalação das 12 ilhas de compostagem propostas irá potencialmente abranger 3091 habitações, e um total de 7418 habitantes, correspondendo a cerca de 3,2% da população do município.

Para os 12 locais apresentados, considerando uma taxa de adesão às ilhas de cerca de 17% (1255 habitantes, em linha com a situação atual) será possível estimar o desvio estimado de biorresíduos de aterro assim como a sua valorização local.

Considerando a capitação anual no município do Porto de 676 kg/hab e que a fração dos biorresíduos representa cerca de 37% do total de resíduos produzidos (sendo totalmente valorizada), através da implementação desta tecnologia será possível desviar de aterro e valorizar localmente cerca de 314 toneladas de biorresíduos anualmente.

4.4 Construção da Solução de Tratamento Local

O presente subcapítulo pretende dar um conjunto de indicações relativamente à construção das ilhas de compostagem. Esta resulta de uma análise das especificações e recomendações do fornecedor Vermican.

Previamente à construção da ilha de compostagem, o local de instalação deverá ser preparado por forma a que o piso se encontre plano, nivelado e sem degraus. O piso não poderá conter qualquer tipo de inclinação (Vermican, 2020).

No solo deverá ser realizada uma escavação de 50 cm, sobre a qual deverão ser colocados 15 cm de gravilha drenante e 35 cm de areia. Após a colocação da última camada, a camada de areia, é necessário nivelar e compactar o material (Vermican, 2020).

Nas ilhas de compostagem já instaladas no município do Porto, após a colocação da camada de areia no solo, é ainda colocada uma rede hexagonal metálica, por forma a evitar a passagem de roedores para os módulos de compostagem bem como adicionar uma camada de proteção extra para estes. Por último é colocado no solo uma rede de enrelvamento, que será a camada de material que estará na base dos compostores.

Para a instalação dos compostores devem ser colocadas guias metálicas, nas quais as placas de madeira do compostor encaixarão. Para a colocação destas guias, a rede de enrelvamento instalada deverá ser coberta com uma camada de cimento, nos locais em que serão colocadas estas guias (Vermican, 2020).

Como é possível observar na Figura 4.6, que representa a base para a instalação de dois módulos de compostagem, as guias metálicas deverão estar distanciadas 105 cm das restantes guias, e, em volta dos módulos de compostagem, a rede de enrelvamento deverá possuir no mínimo 70 cm para facilitar a utilização e manutenção (Vermican, 2020).



Figura 4.6: *Medidas de base da instalação de 2 módulos de compostagem. Fonte: Vermican (2020).*

Após a preparação da base dos módulos de compostagem, deverão ser instaladas as guias metálicas nos locais correspondentes, colocando a primeira placa de madeira na base de todos os módulos, como pode ser observado na Figura 4.7 (Vermican, 2020).

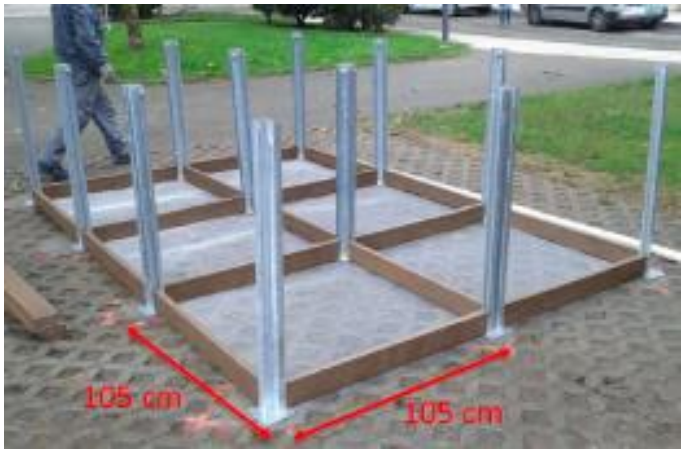


Figura 4.7: *Primeira etapa na instalação dos módulos de compostagem. Fonte: Vermican (2020).*

De seguida, as placas de madeira da parte traseira do módulo de compostagem onde será instalada a tampa deste, deverão ser colocadas nas guias, como pode ser observado na Figura 4.8 (Vermican, 2020).



Figura 4.8: *Segunda etapa na instalação de módulos de compostagem. Fonte: Vermican (2020).*

Posteriormente, as tampas e as molduras dos módulos de compostagem são instaladas. Neste ponto, o conjunto de materiais atinge as medidas finais corretas, portanto deverá proceder-se à fixação do material (Figura 4.9) (Vermican, 2020).



Figura 4.9: *Terceira etapa na instalação de módulos de compostagem. Fonte: Vermican (2020).*

Após esta etapa, as armações devem ser seguras nas guias metálicas, com os pinos fornecidos, tal como pode ser verificado na Figura 4.10 (Vermican, 2020).

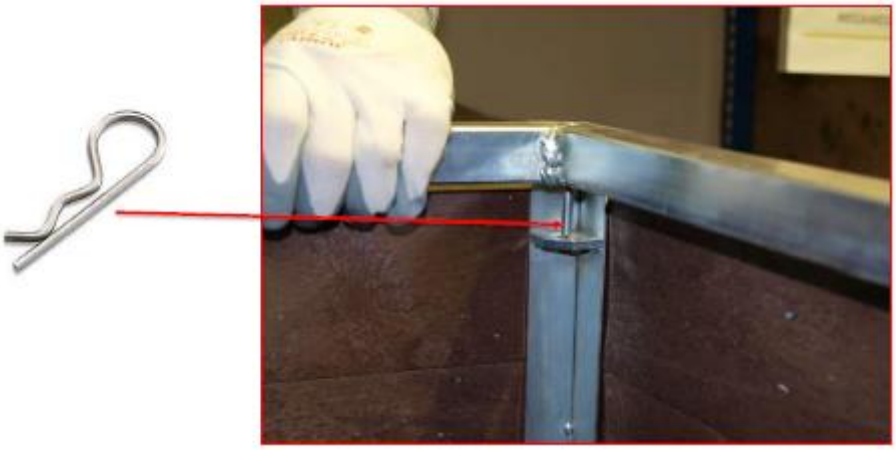


Figura 4.10: *Quarta etapa na instalação dos módulos de compostagem. Fonte: Vermican (2020).*

Por último são colocadas as restantes placas de madeira na estrutura do módulo de compostagem, terminando a sua instalação (Vermican, 2020).

4.5 Investimento na Instalação das Ilhas de Compostagem

Para a avaliação da viabilidade de instalação da proposta de tratamento local apresentada foi realizada uma análise económica afeta ao investimento necessário para a instalação das ilhas de compostagem, considerando diferentes modelos e diferentes números de módulos de compostagem.

As ilhas de compostagem instaladas no Município possuem controlo de acesso por cadeado (sendo entregue aos aderentes uma chave de acesso ao módulo de admissão).

Este controlo tem o objetivo de reservar o acesso às ilhas aos cidadãos aderentes ao projeto, de forma a minimizar a presença de contaminantes, de todo desejável.

As ilhas de compostagem a instalar nas áreas e locais apresentados, poderão ter acesso controlado por cadeado, tal como os ilhas já instaladas no Município. Em alternativa, poderão ser instalados módulos com controlo de acesso eletrónico, para os quais serão distribuídos pelos aderentes cartões eletrónicos, semelhantes aos distribuídos no projeto Orgânico, para o acesso ao módulo de admissão.

A escolha da tipologia de tecnologia de controlo de acesso depende do município, no entanto é possível realizar uma análise económica, quanto ao investimento nas duas opções apresentadas. Ilhas de 1000L (módulos desta capacidade) com acesso por cadeado terão um custo de cerca de 650 €/unidade, enquanto as de 1000L com acesso eletrónico terão um custo de cerca de 1750 €/unidade, acrescendo a este valor cerca de 3,25 € para cada cartão eletrónico e cerca de 250 € para o software de leitura dos cartões de acesso. No caso da escolha de solução com acesso eletrónico, é, contudo, de referir que a Porto Ambiente já possui este software, portanto não existirão estes custos.

Para a implementação de uma ilha de compostagem é necessária também a instalação de uma caixa para colocar o estruturante a adicionar aos biorresíduos, que terá um valor de cerca de 550 €. Nas ilhas já instaladas, encontram-se também instalados painéis informativos sobre a utilização destas, como é possível observar na Figura 3.4 apresentada no capítulo 3.1.2. Sendo este painel considerado essencial para uma boa utilização do espaço, este deverá também ser instalado nas novas localizações selecionadas, tendo um custo de cerca de 350 €.

Adicionalmente aos valores já apresentados para os diferentes materiais necessários à instalação de uma ilha de compostagem, é também necessário proceder à preparação do local de instalação e à montagem deste material, o que terá um custo de cerca de 1000 €.

Na Tabela 4.4 é apresentada uma comparação económica entre o investimento nas tecnologias de controlo de acesso para as diferentes dimensões de ilhas de compostagem.

De referir que aos valores apresentados para ilhas de compostagem com controlo de acesso eletrónico acresce ainda o valor de 3,25 € por cada cartão a distribuir. Do conhecimento atual, estima-se que cada chave de acesso aos módulos com controlo de acesso por cadeado terá também um custo de cerca de 3,25 €, sendo este valor acrescido ao apresentado na Tabela 4.4.

***Tabela 4.4**: Comparação do investimento da instalação de ilhas de compostagem com diferentes tecnologias de controlo de acesso*

	Controlo de Acesso com cadeado	**Controlo de Acesso eletrónico**
Ilha de compostagem de 10 módulos	8 460 €	19 460 €
Ilha de compostagem de 5 módulos	5 210 €	10 710 €
Ilha de compostagem de 3 módulos	3 910 €	7 210 €

Analisando os valores apresentados na Tabela 4.4, podemos verificar que as ilhas de compostagem com controlo de acesso eletrónico representam um investimento económico relevante quando comparadas com ilhas de compostagem com controlo de acesso com cadeado, sendo que por uma perspetiva económica a segunda parece representar uma opção mais vantajosa. De realçar, contudo, que se conhece uma boa adesão dos munícipes e maior interesse a uma solução de cartão.

Para a monitorização das ilhas de compostagem, a pessoa responsável deverá ainda possuir um termómetro para medição da temperatura do material e um misturador de material, ambos com um custo de cerca de 30 €/uni, valores relativamente residuais face aos restantes, e já incluídos nos valores da Tabela 4.4.

Considerando a opção de instalação de módulos de compostagem com controlo de acesso eletrónico, aos valores apresentados para ilhas de 3, 5 ou 10 módulos de compostagem acrescerá o valor dos cartões a distribuir pelos aderentes. Como exemplo, na área 5, com uma estimativa de 38 habitações aderentes e como tal 5 módulos de compostagem, considerando a entrega de 2 cartões de acesso por habitação (como sucede com os cartões de acesso dos contentores orgânico), esta ilha de compostagem terá um valor de 10 957 €, acrescendo ao valor apresentado na Tabela 4.4, 247 € para os cartões de acesso. O mesmo sucede para módulos com controlo de acesso por cadeado que, considerando o mesmo exemplo da área 5, e um custo de cerca de 3,25 € para cada chave a distribuir, a ilha de compostagem a instalar nesta área terá um custo total 5 457 €, acrescendo, de forma semelhante aos módulos com controlo de acesso eletrónico, ao valor apresentado na Tabela 4.4 cerca de 247 € para as chaves de acesso aos módulos de compostagem.

A instalação de todas as ilhas de compostagem propostas teria um valor de investimento de 60 570 € no caso de serem instalados módulos de compostagem com controlo de acesso por cadeado, e 123 270 € no caso de instalação de módulos de compostagem com controlo de acesso eletrónico. Considerando 523 habitações aderentes ao projeto, com distribuição de 2 cartões ou 2 chaves de acesso aos módulos de compostagem por cada habitação, acresce ainda aos valores apresentados cerca de 3 400 € para os cartões ou chaves a distribuir.

4.6 Monitorização das Ilhas de Compostagem Instaladas no Município

No Município do Porto, como já referido, encontram-se instaladas 2 ilhas de compostagem em parceria com a LIPOR: a primeira, no Amial, possui 10 módulos de compostagem instalados, mas apenas 5 em funcionamento devido ao baixo número de adesões e a segunda em Paranhos, com 5 módulos em funcionamento. As ilhas são monitorizadas em relação a diversos parâmetros pelo técnico já referido.

Este monitoriza em cada visita às ilhas a temperatura da matéria orgânica dos diferentes módulos que se encontram em utilização, o nível de enchimento dos módulos, a humidade, a presença de contaminantes e a necessidade de rega do material. Quando necessário é também efetuado o revolvimento do material orgânico, bem como a adição de estruturante nos módulos de admissão em utilização. Esta monitorização é geralmente realizada uma vez por semana nas 2 ilhas. Os dados são registados e foram analisados no âmbito deste projeto. Os resultados desta análise são apresentados de seguida.

Na Tabela 4.5 podem ser consultados os resultados para o período de 24 de agosto de 2021 a 11 de abril de 2022 (dados fornecidos pela LIPOR, desde o início de funcionamento das ilhas em agosto de 2021, até à data de fornecimento dos dados, em abril de 2022), onde se discriminam as temperaturas médias e máximas, a percentagem de visitas nas quais foi necessária a adição de água, o revolvimento do material, a percentagem de visitas nas quais foi identificada a presença de contaminantes na matéria orgânica e a necessidade de adição de estruturante, em cada módulo das ilhas de compostagem, módulos de admissão, módulos intermédios e módulo de maturação, para as ilhas de compostagem instaladas no Amial e em Paranhos.

Considerando que a compostagem deverá atingir temperaturas entre os 60 ºC e os 70 ºC para ser considerado um processo eficaz do ponto de vista em particular da higienização, podemos concluir que as temperaturas atingidas em ambas as ilhas não são

as ideais. No entanto, deve considerar-se também que a monitorização foi realizada principalmente durante o Inverno, com temperatura ambiente relativamente baixa.

A análise da evolução da temperatura em ambas as ilhas pode ser consultada no Anexo H.

Tabela 4.5: *Parâmetros registados para as ilhas de compostagem no Amial e em Paranhos*

	Amial					Paranhos				
	Módulo 1	**Módulo 2**	**Módulo 3**	**Módulo 4**	**Módulo 5**	**Módulo 1**	**Módulo 2**	**Módulo 3**	**Módulo 4**	**Módulo 5**
Temperatura Média [°C]	24,8	25,1	22,6	22,8	26,2	24,5	20,8	20,7	21,1	26,9
Temperatura Máxima [°C]	44,37	30	26,9	32,7	41,2	38,3	38,3	25,6	29,2	44,3
Adição de Água [%]	0	0		10,6	4,3	0	2,1		6,4	6,4
Revolvimento do Material [%]	36,2	8,5	6,4	12,8	55,3	31,9	8,5	6,4	17	57,5
Presença de Contaminantes [%]	8,5				19,2	6,4				4,3
Adição de Estruturante [%]	34				36,2	27,7				40,4

Pode ser observado através dos resultados apresentados na Tabela 4.5 que o módulo 4 da ilha de compostagem do Amial foi o que necessitou mais frequentemente de água, porventura associado a diferenças na composição dos resíduos ou outros fatores que não foram passíveis de ser confirmados. Verifica-se também que os módulos de admissão 1 e 5 são os que mais frequentemente foram revolvidos, devido à adição frequente de material nestes. De notar que a presença de contaminantes é mais expressiva na ilha de compostagem do Amial, podendo este fator ser devido ao maior número de habitações aderentes ao projeto nesta zona. A adição de estruturante ao material dos módulos de admissão em ambas as ilhas é semelhante, sendo necessária em próximo de 1/3 das visitas.

Como é possível observar através dos dados apresentados, o processo de compostagem nas duas ilhas de compostagem já instaladas no Município do Porto não está a ocorrer de forma ideal em vários dos parâmetros apresentados. O critério temperatura não atinge os valores ideais para o processo, o que pode ser justificado pelo período temporal analisado, com temperaturas ambiente mais baixas. Como verificado para ilhas de compostagem instaladas no distrito de Évora, ou em Pontevedra, a instalação

das ilhas em locais onde não exista sombra pode não ser tão prejudicial para o processo, podendo até ser favorável para este, nomeadamente na subida de temperaturas do material a compostar em alturas do ano com temperaturas mais baixas. No entanto, a existência de zonas de sombra é aconselhada de maneira a prevenir temperaturas excessivas nos módulos de compostagem, bem como a libertação de maus odores, pelo que este parâmetro é também avaliado aquando da realização da análise multicritério já apresentada.

Em relação à necessidade de adição de estruturante e presença de contaminantes no material orgânico os resultados mostram uma necessidade de consciencialização do cidadão, através de campanhas de sensibilização para a utilização das ilhas de compostagem, sensibilizando os munícipes relativamente ao material que deve ou não ser depositado nestas, e à correta proporção de material orgânico depositado/estruturante adicionado.

4.7 Plano de Monitorização das Ilhas de Compostagem

Por forma a garantir um bom funcionamento das ilhas de compostagem e uma correta utilização das mesmas, será necessário definir um plano para a monitorização desta tecnologia, a ser realizado pelo técnico designado.

Assim, de maneira a facilitar deslocações do responsável pela monitorização destas ilhas, as áreas de instalação foram divididas em 3 zonas, com base na proximidade geográfica entre si, como pode ser observado na Figura 4.11.

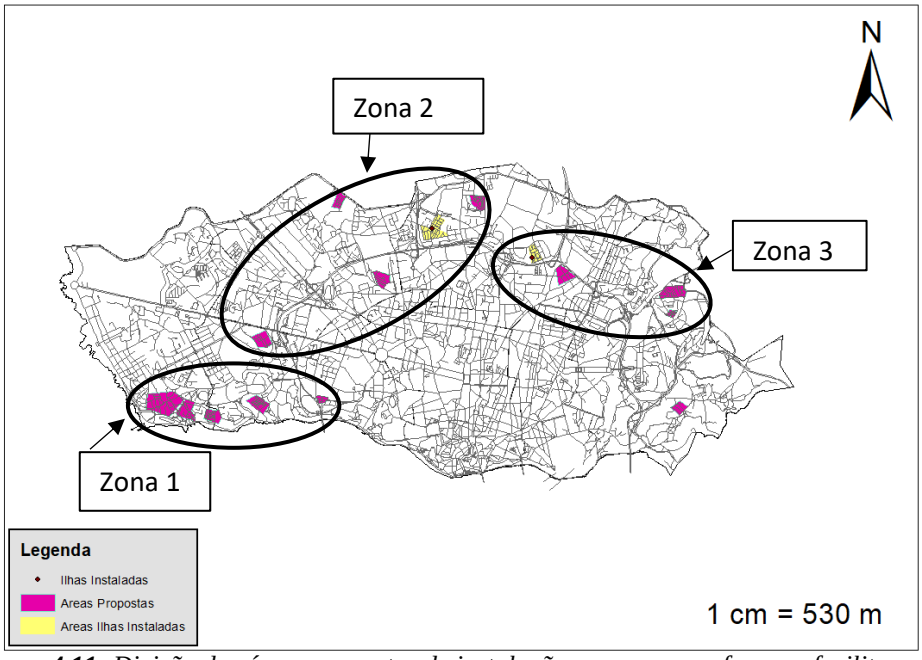


Figura 4.11: *Divisão das áreas propostas de instalação em zonas por forma a facilitar a monitorização das ilhas de compostagem.*

A Zona 1 abrange as ilhas a instalar nas áreas 1, 2, 3, 4 e 6. A Zona 2 abrange as ilhas a instalar nas áreas 5, 7, 8 e 9, bem como a ilha de compostagem já instalada no Amial. A Zona 3 abrange as ilhas instaladas nas áreas 10, 11 e 12, bem como a ilha de compostagem já instalada em Paranhos. Importa salientar que a área 13 foi excluída da análise, uma vez que o local estudado para a instalação de uma ilha de compostagem neste local foi desconsiderado por falta de espaço para a instalação, como já previamente referido.

Cada ilha de compostagem deverá ser visitada pelo mestre de compostagem 2 vezes por semana, para monitorização das condições do processo. Assim, considerando uma hora de trabalho em cada ilha, já incluindo a deslocação do técnico de um local para o outro, e uma semana de trabalho de cinco dias, este deverá realizar a monitorização de uma zona por dia. Desta forma, a monitorização deverá ser realizada segundo a Tabela 4.6, evitando que a Zona 3 apenas seja monitorizada uma vez por semana. Considerando os locais de monitorização propostos, a frequência de monitorização e o horário de trabalho do técnico, é importante referir que seria necessário um técnico dedicado apenas à monitorização das ilhas de compostagem do município do Porto.

Em todas as visitas aos locais de instalação das ilhas de compostagem devem ser monitorizados os seguintes parâmetros: Temperatura Ambiente; Condições Meteorológicas; Fase do Módulo de Compostagem (Admissão, Ativo, Transferência, Maturação e Inativo); Temperatura Média verificada na matéria orgânica em decomposição no Módulo; Nível de Enchimento do Módulo; Humidade; Rega; Revolvimento; Existência de Contaminantes no Material e Adição de Estruturante, tal como já é realizado nas ilhas instaladas atualmente no município.

O nível de enchimento do módulo pode ser estimado com auxílio das placas de madeira do compostor. Sendo que o compostor possui 10 placas em altura, caso o material esteja a nível da primeira placa, o enchimento será de 10%.

Tabela 4.6: *Padrão de monitorização das zonas de instalação de ilhas de compostagem*

	Dia da semana	Zona a Monitorizar
Semana 1	Segunda	Zona 1
	Terça	Zona 2
	Quarta	Zona 3
	Quinta	Zona 1
	Sexta	Zona 2
	Sábado	-
	Domingo	-
Semana 2	Segunda	Zona 3
	Terça	Zona 1
	Quarta	Zona 2
	Quinta	Zona 3
	Sexta	Zona 1
	Sábado	-
	Domingo	-
Semana 3	Segunda	Zona 2
	Terça	Zona 3
	Quarta	Zona 1
	Quinta	Zona 2
	Sexta	Zona 3
	Sábado	-
Semana 4	Domingo	-
	Segunda	Zona 1

Capítulo 5 - Conclusões

A produção de resíduos representa uma consequência da utilização de recursos nas diferentes atividades socioeconómicas do nosso quotidiano, sendo que estes resíduos são produzidos desde que são extraídos da natureza até ao momento, em particular, que o material deixa de ter utilidade para o seu detentor.

O Regime Geral de Gestão de Resíduos (RGGR) define que, até 31 de dezembro de 2023, é obrigatório para o setor da restauração realizar a separação na origem de biorresíduos, como tal, é de extrema importância a identificação de novos sistemas de recolha e tratamento deste fluxo. Para o cumprimento desta medida, o referido RGGR define também que, até 31 de dezembro de 2023, as entidades responsáveis pelos sistemas municipais ou multimunicipais devem adotar medidas por forma a possibilitar a separação e reciclagem na origem dos biorresíduos, ou a sua recolha seletiva.

Como tal, este estudo teve como objetivo contribuir para o alargamento do tratamento local de biorresíduos na cidade do Porto, selecionando áreas para a instalação da tecnologia de tratamento local selecionada, a qual, as ilhas de compostagem.

As ilhas de compostagem são locais comunitários de valorização de biorresíduos em módulos, nos quais o processo de compostagem é monitorizado por um técnico. Com base nas soluções em curso, pode-se referir que este processo se considera terminado após 4 meses, ao final dos quais se obtém o composto que poderá ser utilizado pelos munícipes.

No município do Porto existem já instaladas, desde agosto de 2021, 2 ilhas de compostagem, uma no Amial e outra em Paranhos, com 123 habitações aderentes.

No âmbito deste estudo, a área do município foi estudada por forma a identificar áreas possíveis de instalação de soluções adicionais de tratamento local. Para tal, foram evitadas áreas nas quais já existe recolha seletiva de resíduos orgânicos, na via pública ou porta-a-porta residencial. Após a seleção de áreas com características habitacionais adequadas, foram selecionados para cada área os locais potenciais, preferencialmente em áreas verdes pertencentes ao município, onde se recomenda a instalação das ilhas de compostagem.

Como resultado, foram identificadas 12 áreas aptas para a implementação do tratamento local. Posteriormente, para todas estas áreas foram identificados os locais mais favoráveis para a instalação das soluções (com base num conjunto de critérios selecionados), bem como o número de módulos necessários, considerando a estimativa dos aderentes tendo por base as habitações existentes e o conhecimento adquirido com as soluções em curso. Tendo em consideração os locais selecionados, para a implementação

do projeto nas 12 áreas apresentadas será necessário a instalação de 1 ilha de compostagem com 10 módulos, 7 ilhas de compostagem constituídas por 5 módulos e 4 ilhas de compostagem constituídas por 3 módulos. A instalação de todas as ilhas de compostagem propostas teria um valor de investimento de 60 570 € no caso de serem instalados módulos de compostagem com controlo de acesso por cadeado, e 123 270 € no caso de instalação de módulos de compostagem com controlo de acesso eletrónico. Em ambos os casos e, considerando 523 habitações aderentes ao projeto, com distribuição de 2 cartões ou 2 chaves de acesso aos módulos de compostagem por cada habitação, acresce ainda ao valor apresentado cerca de 3 400 € para os cartões ou chaves a distribuir, sendo que ambas as soluções possuem um custo unitário semelhante, cerca de 3,25 €.

Para a monitorização destas ilhas, recomenda-se a visita aos locais de um técnico duas vezes por semana, monitorizando o processo e realizando a transferência do material a compostar entre os diferentes módulos, até à fase final de maturação.

A instalação das ilhas de compostagem apresentadas neste trabalho irá abranger um total de 3091 habitações, correspondendo a cerca de 7 418 habitantes, e irá contribuir para a expansão do tratamento local de biorresíduos no município do Porto, sendo que cerca de 3,2% da população terá acesso a esta tecnologia de tratamento local. Considerando uma taxa de adesão às ilhas de 16,9% (1255 habitantes), uma capitação anual no município do Porto de 676 kg/hab e que a fração dos biorresíduos representa cerca de 37% do total de resíduos produzidos, através da implementação desta tecnologia será possível desviar de aterro e valorizar localmente cerca de 314 toneladas de biorresíduos anualmente.

O alargamento do tratamento local de biorresíduos representa um passo relevante para o município através da diminuição da quantidade de resíduos a ser recolhida e enviada para sistemas de tratamento centralizados, mas também para os munícipes, que estarão a valorizar os seus biorresíduos, podendo usufruir do composto proveniente destes sem custos associados, trazendo assim benefícios sociais relevantes.

Capítulo 6 - Recomendações para Trabalhos Futuros

Numa ótima de completar o estudo realizado por forma a obter resultados ótimos para o município na implementação das ilhas de compostagem e alargamento do tratamento local no futuro, existem alguns pontos que poderão ainda ser desenvolvidos, os quais:

- Desenvolvimento de campanhas de sensibilização junto da população em matéria dos biorresíduos e da sua produção (com o objetivo de incentivar a população a aderir e utilizar as opções existentes no município para este fim), seja por via da deposição seletiva nos contentores orgânico ou da deposição desta fração nas ilhas de compostagem comunitárias;
- Monitorizar continuamente o processo e avaliar a qualidade do composto (características físicas, químicas e biológicas);
- Incentivar a população a utilizar o composto produzido nas ilhas de compostagem, como forma de aumentar o nível de adesão ao projeto;
- Identificar novas áreas do município, potenciando o crescimento do tratamento local;
- Identificar locais de instalação do tratamento local viáveis para a área 13;
- Na área 1 apresentada, sendo esta de maiores dimensões e esperando-se para esta um maior número de aderentes poderá também ser estudada a opção de instalação de duas ilhas de compostagem (de menores dimensões localizadas em locais diferentes da área 1), evitando deslocações mais longas para a sua utilização.

Referências

Adriana Maria de Aquino, D. L. d. A., Vladir Fernandes da Silva. (1992). Utilização de minhocas na estabilização de Resíduos. Retrieved from https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/623371/1/cot008.pdf

Alexandra Faria, C. O., Eugénia Rocha, Graça Lage, Marta Gomes (2018). Pessoas e Atividades - Demografia e Desenvolvimento Social In Direção Municipal de Urbanismo - Departamento Municipal de Planeamento Urbano (Ed.). Porto.

Alexandre Couto Rodrigues, J. R. F., Rafael Borth da Silveira, Rodrigo Ferreira da Silva, Clovis Orlando Da Ros, Pedro Daniel da Cunha Kemerich. (2015). Compostagem de Resíduos Orgânicos: eficiência do Processo e Qualidade do Composto. Retrieved from https://www.conhecer.org.br/enciclop/2015c/agrarias/compostagem%20de%20residuos.pdf

Ambiente Magazine. (2022). Missão Cascais Solidárias Arranca com 28 ilhas de Compostagem Comunitária Instaladas em Évora. Retrieved from https://www.ambientemagazine.com/missao-cascas-solidarias-arranca-com-28-ilhas-de-compostagem-comunitaria-instaladas-em-evora/

amporto. (2022). Caracterização da AMP. Retrieved from http://portal.amp.pt/pt/4/municipios/porto/stats/territorio/#FOCO_4

Anshika Singh , K. K. (2019). An inclusive approach for organic waste treatment and valorisation using Black Soldier Fly larvae: A review. Retrieved from https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0301479719312873?token=FFD729E435A5295E9D3FA9035F9AAB963140F22BD0018FF331D6133EECB43631812D13A7A91756D119008310693461EF&originRegion=eu-west-1&originCreation=20220420092019

APA. (2019). *Estudo prévio sobre a implementação da recolha seletiva em Portugal Continental incidindo em especial sobre o fluxo dos biorresíduos* Agência Portuguesa do Ambiente Retrieved from https://apambiente.pt/sites/default/files/2021-05/Estudo%20Pr%C3%A9vio%20Biorresiduos%202019.pdf

APA. (2019a). *PERSU 2020+ Reflexão Estratégica e Ajustamentos às Medidas do PERSU 2020*. Participa: APA Retrieved from https://participa.pt/contents/consultationdocument/PERSU2020+.pdf

APA. (2021). Plano Estratégico para os Resíduos Urbanos - Antecedentes. Retrieved from https://apambiente.pt/residuos/antecedentes

APA. (2021a). Resíduos. Retrieved from https://apambiente.pt/residuos

APA. (2021c). Relatório Anual Resíduos Urbanos 2020. Retrieved from https://apambiente.pt/sites/default/files/_Residuos/Producao_Gest%C3%A3o_Residuos/Dados%20RU/RARU%202020_V1.pdf

APA. (2021d). *Plano Nacional de Gestão de Resíduos 2030*. Participa: Agência Portuguesa do Ambiente Retrieved from https://participa.pt/contents/consultationdocument/PNGR%202030.pdf

APA. (2022). *Plano Estratégico para os Resíduos Urbanos 2030 : De Resíduo a Recurso*. Participa.pt

Blum, B. (1992). *Composting and the Roots of Sustainable Agriculture* (Vol. 66): Agricultural History Society.

Carlos Oliveira, F. P.-P., Sérgio Rocha. (2018). Habitação e Dinâmicas Urbanísticas - Relatório de Caracterização e Diagnóstico. In. Direção Municipal de Urbanismo - Departamento Municipal de Planeamento Urbano: Porto.

Castanheira, L., Ferreira, V., & Lopes, C. . (2004). Valorização de Resíduos Orgânicos.

Christian Riuji Lohri, S. D., Imanol Zabaleta, Adeline Mertenat, Christian Zurbrugg. (2017). Treatment technologies for urban soid biowaste to create value products: a review

with focus on low - and middle- income setting. Retrieved from https://link.springer.com/article/10.1007/s11157-017-9422-5

Decreto-Lei n.º 102-D/2020. Retrieved from https://dre.pt/dre/detalhe/decreto-lei/102-d-2020-150908012

Decreto-Lei n.º 127/2013, de 30 de agosto. Diário da República n.º 167/2013, Série I de 2013-08-30, páginas 5324-5389: Ministério da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território Retrieved from https://files.dre.pt/1s/2013/08/16700/0532405389.pdf

Diário da República. (2019). *2.a série, n.o 74, de 13 de abril de 2017: Regulamento n.o 26/2019*.

Diretiva 2008/98/CE. *Diretiva 2008/98/CE*. EUR-LEX: PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO Retrieved from https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0098&from=PT

Diretiva 2018/851/CE. *Diretiva 2018/851/CE*. EUR-LEX: Parlamento Europeu e Concelho da União Europeia Retrieved from https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L0851&from=PT

ECN, E. C. N.-. (2022). Treatment of Bio-Waste in Europe. Retrieved from https://www.compostnetwork.info/policy/biowaste-in-europe/treatment-bio-waste-europe/

Elizabeth Carvajal-Millan, A. Z. Y., A.K. Haghi. (2022). *Natural Food Products and Waste Recovery*

Enzo Favoino, M. G. (2020). Bio-waste generation in the EU: Current capture levels and future potential. In. Zero Waste Europe: Bio-based Industries Consortium (BIC).

Epstein, E. (1997). *The Science of Composting*: CRC Press.

Ernest & Young, 3drivers, Applus,. (2019). *Estudo de Caracterização e Avaliação dos Resíduos Indiferenciados dos Municípios Associados da LIPOR - Relatório Final: Município do Porto*. Retrieved from

Fênix Ambiente. BIG HANNA Composter. In F. Ambiente (Ed.).

Fritz Akhmad Nuzir, S. H., Koji Takakura. (2019). Takakura Composting Method as an Appropriate Environmental Technology for Urban Waste

Glenn Munroe. (2007). Manual of On-Farm Vermicomposting and Vermiculture In. Organic Agriculture Centre of Canada.

Inês Filipa Monteiro Penacho. (2016). *Estudo de Compostagem na ERSUC - Otimização de variáveis no CITVRSU de Coimbra.* (Mestre em Gestão Ambiental). Instituto Politécnico de Coimbra, Retrieved from https://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/12920/1/Vers%C3%A3o%20Definitiva-In%C3%AAs%20Penacho-21327009-MGA.pdf

K.C Surendra, J. K. T., Arnold Van Huis, Jonathan A. Cammack, Lars-Henrik L. Heckmann, Smir Kumar Khanal. (2020). Rethinking organic wastes bioconversion: Evaluating the potencial of the black soldier fly (Hermetia illucens (L.)) (Diptera: Stratiomyidade) (BSF). Retrieved from https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0956053X20304281?token=CAB317115FC6887712B9C44AF588BB1ACC3DB3FF536D17AACD2693C6EB20A7B99D706B854CE40E23B728B809D175E2FC&originRegion=eu-west-1&originCreation=20220420092248

Lawrance K. Wang, N. K. S., Yung-Tse Hung. (2008). *Biosolids Treatment Processes* Handbook of Environmental Engineering: Humana Press.

Leopoldo Brito Teixeira, Vera Lúcia Campos Germano, Raimundo Freire de Oliveira, José Furlan Júnior,. (2004). Processo de Compostagem, a Partir de Lixo Orgânico Urbano, em Leira estática com Ventilação Natural. In Ministério da Agricultura , Pecuária e Abastecimento (Ed.). Circular Técnica.

Leslie Cooperband. (2002). The Art and Science of Composting - A resource for farmers and compost producers. Retrieved from http://files.webydo.com/223087/artofcompost.pdf

Liliana Lopes Sequeira. (2013). *Compostagem de Resíduos Sólidos Urbanos e Avaliação da Qualidade dos Produtos Obtidos - Caso de Estudo AMARSUL S.A.* (Mestre em Engenharia do Ambiente - Tecnologias Ambientais). Universidade Técnica de Lisboa, ProQuest. Retrieved from https://www.proquest.com/openview/d75c004a6816423dd4f068030d34c770/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2026366&diss=y

LIPOR. (2021). Gestão e Tratamento de Resíduos na Região Metropolitana do Porto. In P. A. V. Susana Abreu, Ruthia Portelinha (Ed.). LIPOR.

LIPOR. (2022). Prevenção e Valorização de Biorresíduos. Retrieved from https://www.lipor.pt/pt/valorizar/valorizacao-organica/prevencao-e-valorizacao-de-biorresiduos/

Lopes, D. R. (2010). *Gestão Ambiental: Implementação de um Plano de Gestão de Resíduos.* (Mestre em Medicina Veterinária). Universidade Técnica de Lisboa, Retrieved from https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/2270/1/Gestao%20Ambiental%20Implementa%C3%A7ao%20de%20um%20Plano%20de%20Gestao%20de%20Residuos.pdf

Machado, C. F. (2015). Incineração: Uma Análise do Tratamento Térmico dos Resíduos Sólidos Urbanos de BAURU/SP.

Marcos A. Vázquez Trillo. (2015). *Compostaxe descentralizada de residuos orgánicos: do ámbito doméstico á granxa* (Douturamento em Química Ambiental e Fundamental). Universidade da Coruña.

Maria Isabel Viana de Castro Nogueira. (2013). *Valorização de Biorresíduos no Município de Paços de Ferreira.* (Mestre em Engenharia do Ambiente). Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Repositório aberto UP. Retrieved from https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/65452/2/26617.pdf

Mariana Luzia Silva Costa. (2014). *Estudo de Processos de Compostagem Centralizada e Doméstica Aplicáveis à Empresa Ambisousa.* (Mestre em Engenharia do Ambiente). Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Repositório Aberto UP. Retrieved from https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/73515/2/31577.pdf

Ministério do Ambiente e Ação Climática. (2020). *Biorresíduos - Contas Certas nos Resíduos*. Retrieved from https://eco.nomia.pt/contents/documentacao/2020-orientacoes-biorresiduos-v1.pdf

Município da Figueira da Foz. (2021). Estudo para o Desenvolvimento de Sistemas de Recolha de Biorresíduos no Município da Figueira da Foz. In 3drivers (Ed.): Município da Figueira da Foz.

Município de Condeixa. (2021). Estudo para o Desenvolvimento de Sistemas de Recolha de Biorresíduos no Município de Condeixa-a-Nova. In 3drivers (Ed.): Município de Condeixa.

Município de São João da Madeira. (2021). Estudo para o Desenvolvimento do Sistema de Recolha de Biorresíudos no Município de São João da Madeira. In U. Aberta (Ed.): Universidade Aberta.

Município de Soure. (2021). Estudo de Desenvolvimento de Sistemas de Recolha de Biorresíduos. In ECOGESTUS (Ed.).

Município do Porto. (2021, 22/04/2021). Porto alarga recolha de resíduos orgânicos a 60% da cidade. Retrieved from https://www.porto.pt/pt/noticia/porto-alarga-recolha-de-residuos-organicos-a-60-da-cidade

Município do Porto, LIPOR, CITYLOOPS. (2019). Orgânico. In.

P. Bueno, R.Tapias,, F.López,, M.J. Díaz. (2007). Optimizing composting parameters for nitrogen conservation in composting. Retrieved from https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0960852407008152?token=F9BBC1FB0176341BBDA911DF0AD31F8D4A7C96A89E58B3D51B70FE76D9711CCBA268DE9A0E0B2281CB626FF216217F8D&originRegion=eu-west-1&originCreation=20220628084800

Paulo Alexandre Lopes Fernandes. (1999). *Estudo Comparativo e Avaliação de Diferentes Sistemas de Compostagem de Resíduos Sólidos Urbanos.* (Mestre em Engenharia Civil). Universidade de Coimbra, Retrieved from https://iconline.ipleiria.pt/bitstream/10400.8/52/1/MSc_Thesis_PauloFernandes.pdf

Pierre Condamine. (2019). The Story of Pontevedra - Case Study. Retrieved from https://zerowastecities.eu/bestpractice/the-story-of-pontevedra/

Pierre Condamine. (2021). The Story of Milan - Successfully Collecting Food Waste fro over 1.4 million unhabitants. Retrieved from https://zerowastecities.eu/bestpractice/the-story-of-milan/

PORDATA. (2022). Censos 2021: Conheça o seu município. Retrieved from https://www.pordata.pt/Municipios/Quadro+Resumo/Porto-255692

Porto Ambiente. (2019a). Orgânico. Retrieved from https://www.portoambiente.pt/projetos/organico-1

Porto Ambiente. (2019b). CityLoops. Retrieved from https://www.portoambiente.pt/projetos/cityloops

Porto Ambiente. (2021a, 25/05/2021). Está nas mãos dos portuenses a separação dos resíduos orgânicos. Retrieved from https://www.portoambiente.pt/noticias/esta-nas-maos-dos-portuenses-a-separacao-dos-residuos-organicos

Porto Ambiente. (2021b). Ilhas de compostagem comunitária transformam os biorresíduos em composto orgânico. Retrieved from https://www.portoambiente.pt/noticias/ilhas-de-compostagem-comunitaria-transformam-os-biorresiduos-em-composto-organico

Porto Ambiente. (2021c). Porto alarga recolha de resíduos orgânicos a 60% da cidade. Retrieved from https://www.portoambiente.pt/noticias/porto-alarga-recolha-de-residuos-organicos-a-60-da-cidade

Porto Ambiente. (2021d). *Relatório & Contas*. Retrieved from

Porto Ambiente. (2022a). Quem Somos. Retrieved from https://www.portoambiente.pt/quem-somos/quem-somos

Porto Ambiente. (2022b). Biorresíduos. In.

Ramón Plana González Sierre, J. S. A., Belén Puyuelo Sánchez, Inazio Irigoien Iriarte, Gemma Nohales Duarte. (2019). Community Composting: A Pratical Guide for Local Management of Biowaste.

REA. (2021a, 10 setembro 2021). Resíduos Produção e Gestão de Resíduos Urbanos. Retrieved from https://rea.apambiente.pt/content/produ%C3%A7%C3%A3o-e-gest%C3%A3o-de-res%C3%ADduos-urbanos

REA. (2021b). Reciclagem - Fluxos Específicos de Resíduos. Retrieved from https://rea.apambiente.pt/content/reciclagem-%E2%80%93-fluxos-espec%C3%ADficos-de-res%C3%ADduos

Resolução do Concelho de Ministros n.º 11-C/2015. *Resolução do Concelho de Ministros nº.11-C/2015, de 16 de março*. Diário da Repúblican.º 52/2015: Presidência do Concelho de Ministros Retrieved from https://files.dre.pt/1s/2015/03/05202/0000800048.pdf

Robert Rynk, M. v. d. K., George B. Willson, Mark E. Singley, Tom L. Richard, John J. Kolega, Francis R. Gouin, Lucien Labiberty Jr., Davis W. Murphy, Harry A. J. Hoitink, William F. Brinton. (1992). *On-Farm Composting Handbook*. Northern Regional Agricultural Engineering Service.

Santos, L. M. d. C. (1997). *Resíduos com interessa agrícola - Evolução de parâmetros da sua compostagem.* Instituto Politécnico de Bragança. Retrieved from https://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/209/1/56%20-%20Res%c3%adduos%20com%20interesse%20agr%c3%adcola.pdf

Till Weidner, J. G., Telmo Machado, Aidong Yang. (2020). Comparison of local and centralized biowaste management strategies- A spatially-sensitive approach for the region of

Porto. Retrieved from https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0956053X20305249?token=C86FFE6EEA26816FFBECB378865DE7F6C2981671467DE8434D6DBEF4631AA8D240EDB1FDE8409359F857B54EDD5FE0F0&originRegion=eu-west-1&originCreation=20220628093127

Usman Ali, N. S., Azeem Khalid, Luqman Riaz, Muhammad Muaz Rabbani, Jabir Hussain Syed, Riffat Naseem Malik. (2015). A review on Vermicomposting of Organic Wastes. Retrieved from https://aiche.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/ep.12100

Vermican. (2020). Instrucciones para la instalación de compostadoras. In.

WANGEN, FREITAS, Isabel Cristina Vinhal. (2010, 20/04/2010). Compostagem doméstica: alternativa de aproveitamento de resíduos sólidos organicos. *Revista Brasileira de Agroecologia*. Retrieved from https://orgprints.org/id/eprint/24494/1/Wangen_Compostagem.pdf

ANEXOS

Anexo A - História da Compostagem

A compostagem, no sentido mais amplo, era já praticada nos tempos antigos onde os israelitas, gregos e romanos usavam os resíduos orgânicos diretamente ou compostados. As primeiras civilizações da América do Sul, China, Japão e Índia praticavam intensa agricultura e usavam dejetos de animais e humanos como fertilizantes (Epstein, 1997).

Na Bíblia são também encontradas referências ao processo de compostagem. Estas práticas foram descritas, para um período de 3000 anos precedentes, há cerca de 1000 anos atrás, num manuscrito de El Doctor Excellente Abu Zacharia Iahia de Sevilha. Neste manuscrito, Abu Zacharia explicava que os dejetos animais não deveriam ser aplicados frescos e separadamente ao solo, mas com uma mistura de 5 a 10 vezes mais de resíduos vegetais (Mariana Luzia Silva Costa, 2014).

Nas civilizações primordiais, em que a população era reduzida, a deposição de resíduos não representava um problema, sendo o espaço para a deposição e regeneração destes vasto. Estas civilizações utilizavam resíduos vegetais e dejetos de animais como forma de correção orgânica dos solos, sendo utilizados como forma de balançar os nutrientes no solo (Inês Filipa Monteiro Penacho, 2016).

O conceito de compostagem em larga escala é frequentemente atribuído a Albert Howard e o seu Processo Indore no Institute of Plant Industry na Índia Central, entre os anos de 1924 e 1931. O conceito deste processo baseava-se na utilização de resíduos verdes (folhas secas e palha) e fezes de animais, misturando-os com um material alcalino para neutralizar a acidez, e gerindo a matéria orgânica através do revolvimento para arejamento e adição de água. Este processo tinha normalmente uma duração de 6 meses, sendo nesse período efetuados dois revolvimentos do material. Em 1949, Van Vuren publicou resultados da compostagem de resíduos urbanos em 1939 na África do Sul com base nos princípios de Howard. Van Vuren definia a compostagem de resíduos urbanos como um método de desinfeção ao utilizar matéria orgânica que poderia produzir um composto. Um dos primeiros sistemas de compostagem foi patenteado por Beccari em 1992 (Epstein, 1997).

A primeira instalação de compostagem de resíduos na Europa foi estabelecida na Holanda em 1932. Foi utilizado o processo de Van Maanen, uma modificação do método Indore. Neste método, os resíduos não moídos eram empilhados em grandes leiras e girados por pontes rolantes. Após a Segunda Guerra Mundial, a compostagem aumentou

na Europa, não havendo, no entanto, praticamente registos de compostagem nos EUA. Na Holanda, duas grandes unidades de compostagem foram construídas em Mierlo e Wijster, estimando-se que quase um terço dos resíduos holandeses fosse compostado nessas duas unidades (Epstein, 1997).

Surgiu também na índia, em 1935, o Processo Bangalore, baseado no Processo Indore, que sugeriu uma alteração a este através da colocação alternada de camadas de resíduos sólidos e de águas residuais domésticas. Este método representou o início da aplicação de métodos científicos à compostagem, aumentando a velocidade do processo através da compostagem de materiais selecionados e da utilização de equipamentos mecânicos (Paulo Alexandre Lopes Fernandes, 1999).

Nos EUA, a proibição em muitos estados de depositar resíduos de jardim em aterros, causada pela falta de espaço para aterros perto de áreas urbanas e pela dificuldade em localizar e permitir estas instalações, forçou muitas comunidades a fazer compostagem de resíduos de jardim. Como resultado, mais de 3.000 instalações de compostagem de resíduos domésticos na fonte surgiram (Epstein, 1997).

Devido a considerações de saúde pública e económicas, a compostagem apenas atingiu popularidade na Europa na década de 60 e nos EUA na década de 80 (Blum, 1992).

Com o desenvolvimento da agricultura, o aparecimento de máquinas agrícolas mecânicas, de fertilizantes químicos e de sistemas de rega, a compostagem deixou de ser usual, tendo quase desaparecido por completo (Robert Rynk, 1992), até meados do século XX, quando os métodos usados para os destinos dos RU se tornaram desajustados à expansão das áreas urbanas e ao aumento populacional (Inês Filipa Monteiro Penacho, 2016). Também com a crescente preocupação com o ambiente, a compostagem voltou a ser utilizada, estando nos dias de hoje mais desenvolvida do que anteriormente, e sendo utilizada como uma forma de valorização de resíduos orgânicos biodegradáveis.

Anexo B - Parâmetros de Controlo do Processo de Compostagem e Composto

A compostagem terá um melhor resultado se as condições ótimas para a sua realização forem alcançadas. Existem diversos fatores que influenciam o processo de compostagem, onde se destacam os seguintes: Presença de microrganismos, Temperatura, Oxigénio para suprir os requisitos biológicos e Humidade. Estes parâmetros são de extrema importância, uma vez que terão influência sobre as condições para o processo de compostagem. Caso estes não sejam cumpridos o processo de compostagem pode não ocorrer, ou ocorrer de forma indesejável.

Parâmetros Físicos e Químicos

A temperatura deve ser medida periodicamente, devendo esta, na fase termofílica/de higienização situar-se entre os 60 e os 65 °C. Independentemente do calor gerado no processo de degradação, a afetação da temperatura pela exposição solar é um aspeto relevante. No caso de exposição solar extrema, os resíduos orgânicos poderão secar excessivamente, podendo ainda prejudicar os microrganismos, os quais na sua maioria não sobrevivem a temperaturas superiores a 70 °C. Em caso oposto, em locais de pouca exposição solar, os resíduos terão tendência a humedecer mais do que o desejável (WANGEN, 2010), sendo a percentagem ideal de humidade para os microrganismos de compostagem entre 55 e 60% (Leopoldo Brito Teixeira, 2004). Isto, dado que o excesso de água resulta num preenchimento dos espaços entre partículas, o que dificulta a circulação de ar, podendo resultar no desenvolvimento de condições anaeróbias (Castanheira, 2004).

A taxa de arejamento necessária para manter um processo aeróbio normalmente situa-se acima dos 5% (Paulo Alexandre Lopes Fernandes, 1999); contudo, durante a fase ativa da compostagem será normal um consumo mais expressivo de oxigénio o que beneficiará de um aumento do arejamento (por aumento de caudal de ar ou frequência de revolvimento).

Numa pilha de compostagem, as temperaturas do material desenvolvem-se do interior para o exterior, como apresentado na Figura B.1 A existência de temperaturas distintas pode estar associada a uma homogeneização da mistura não eficiente, o que

pode levar a uma decomposição desigual da matéria orgânica. Por outro lado, a ocorrência de pontos frios na pilha de material pode estar correlacionada com a existência de zonas de decomposição anaeróbia, o que pode estar relacionado com a libertação de maus odores (Paulo Alexandre Lopes Fernandes, 1999).

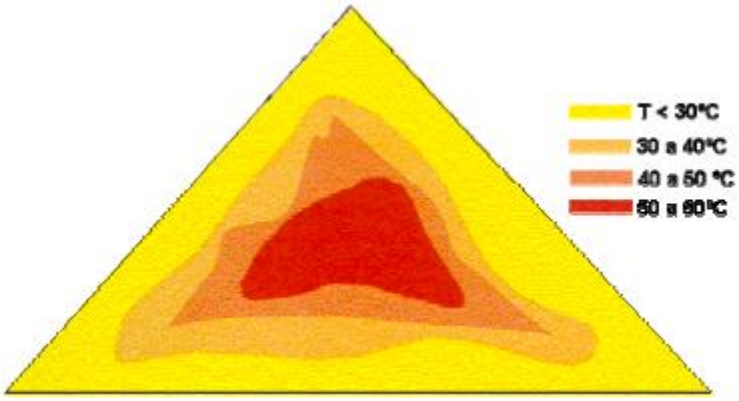


Figura B.1: *Distribuição de temperaturas numa pilha de composto. Fonte: Adaptado de Alexandre Couto Rodrigues (2015).*

O pH, apesar de não ser considerado um parâmetro de controlo uma vez que na vasta variedade de microrganismos associados ao processo de compostagem existem microrganismos com valores de pH ótimo muito variados, diversos autores defendem que a gama preferencial de pH será entre 6,5 e 8,0 para o processo de compostagem, podendo também ocorrer entre os 5,5 e os 9. Será, no entanto, mais eficaz a operação na gama do pH neutro (Robert Rynk, 1992). Denote-se ainda o fenómeno de autorregulação do pH resultado da biodegradação dos ácidos orgânicos, subprodutos da decomposição.

Os nutrientes, expressos através da razão C/N, possuem 3 funções fundamentais nos processos envolvendo microrganismos: o fornecimento de produtos necessários à síntese celular; o fornecimento de energia para promover o crescimento e desenvolvimento celular; e, servir de recetores de eletrões nos processos de oxidação da matéria orgânica (Paulo Alexandre Lopes Fernandes, 1999).

Microrganismos

Na compostagem atuam diferentes microrganismos, conforme as diferentes gamas de temperatura, humidade, oxigénio e pH dos resíduos orgânicos a compostar. São consideradas 3 classes: Bactérias, Fungos e Actinomicetes. Estes podem ainda ser distinguidos através das suas necessidades de oxigénio, sendo: anaeróbios (não toleram a presença de oxigénio), aeróbios (utilizam o oxigénio nos processos metabólicos, caso da

compostagem) e anaeróbios facultativos (utilizam oxigénio quando existe, mas também funcionam na sua ausência) (Mariana Luzia Silva Costa, 2014).

Na fase mesofílica da compostagem, bactérias produtoras de ácido metabolizam os lípidos, açúcares e proteínas. As bactérias termofílicas, intervenientes na fase termofílica, continuam a metabolização das proteínas, lípidos e gorduras, sendo ativadas pelo aumento da temperatura. São também responsáveis pela energia produzida e consequente libertação de calor. Transversais a ambas as fases do processo tem-se os fungos e os actinomicetes, que se encontram responsáveis em particular pela decomposição de substratos mais complexos como a celulose (Santos, 1997).

Anexo C – Resíduos Admissíveis e não Admissíveis no Contentor Orgânico

Resíduos a colocar no contentor Orgânico (Porto Ambiente, 2019a):

- Pão;
- Sacos de Chá;
- Borras de café;
- Carne ou peixe (cru ou cozinhado);
- Manteigas e Queijos;
- Sobras de alimentos cozinhados;
- Cascas e Ovos (crus ou cozinhados);
- Legumes;
- Fruta com ou sem casca (incluindo citrinos).

Resíduos que não se pode colocar no contentor Orgânico:

- Vísceras, couros e similares;
- Leite, natas e iogurtes;
- Conchas e cascas de marisco;
- Beatas de cigarros;
- Caroços;
- Farinhas e produtos em pó;
- Dejetos de animais;
- Frutos de casca rija (incluindo coco);
- Lamas;
- Líquidos e Semilíquidos;
- Produtos embalados.

Anexo D – Resíduos Admissíveis e não Admissíveis nas Ilhas de Compostagem

Resíduos a colocar na ilha de compostagem (Município do Porto, LIPOR, CITYLOOPS, 2019):

- Restos crus de legumes e frutas;
- Hortaliças;
- Borras de café;
- Cascas de ovos esmagadas;
- Flores;
- Folhas verdes.

Resíduos que não se pode colocar na ilha de compostagem:

- Restos de comida cozinhada;
- Plantas doentes ou com sementes;
- Carvão e pontas de cigarro;
- Produtos gordos (Restos de queijo, manteiga e molhos);
- Restos de plantas tratadas com produtos químicos;
- Excrementos de animais domésticos.

Anexo E – Plantas do Município do Porto, representando as diferentes opções de tratamento e recolha de biorresíduos já implementadas, e planta total com áreas propostas.



***Figura E.1**: Planta do Município do Porto.*

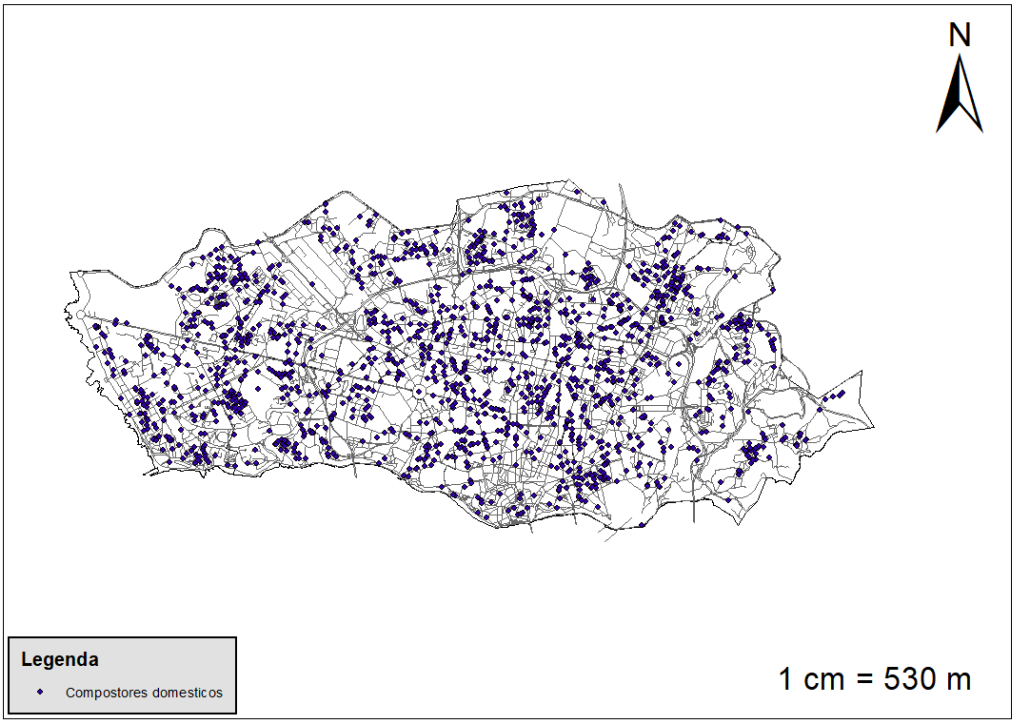


***Figura E.2:** Planta do Município do Porto, com indicação da localização de compostores domésticos distribuídos pelos cidadãos.*

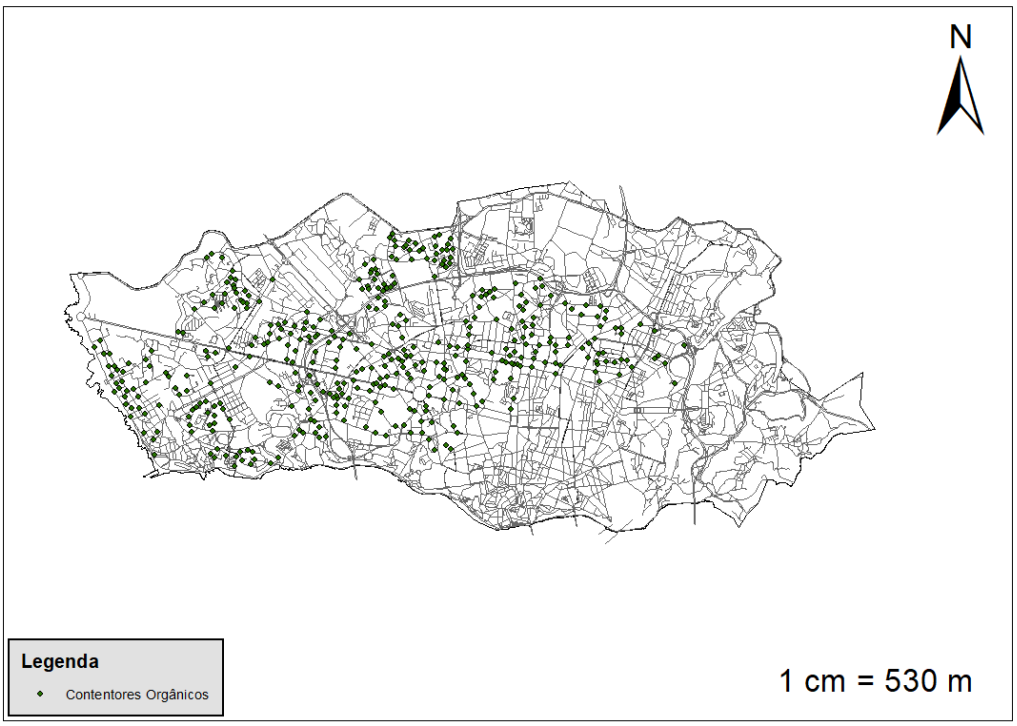


Figura E.3: *Planta do Município do Porto, com indicação da localização de contentores orgânico.*

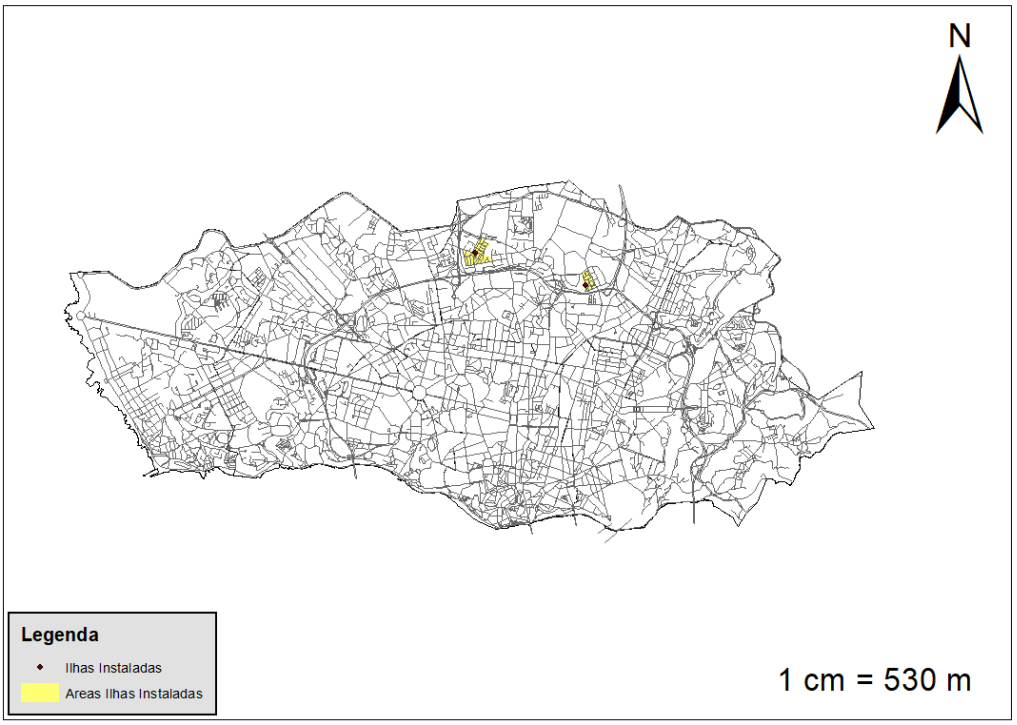


Figura E.4: *Planta do Município do Porto, com indicação da localização das ilhas de compostagem instaladas, bem como as áreas por estas abrangidas.*

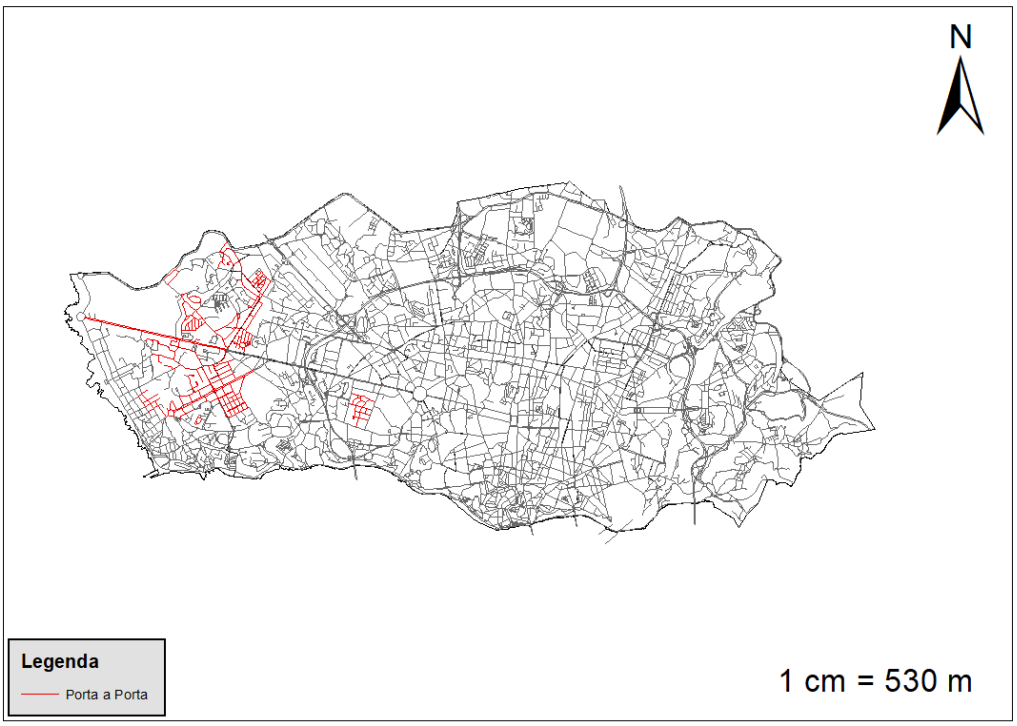


Figura E.5: *Planta do Município do Porto, com indicação dos locais onde se encontra implementada a recolha porta-a-porta.*

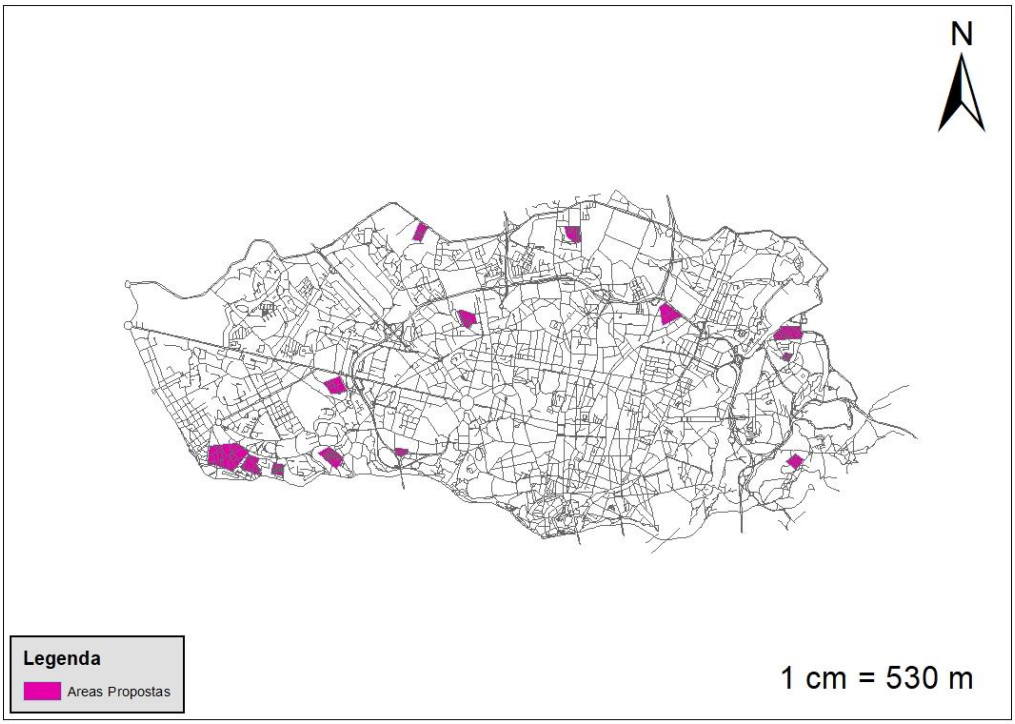


Figura E.6: *Planta do Município do Porto, com indicação das áreas propostas para a instalação de ilhas de compostagem.*

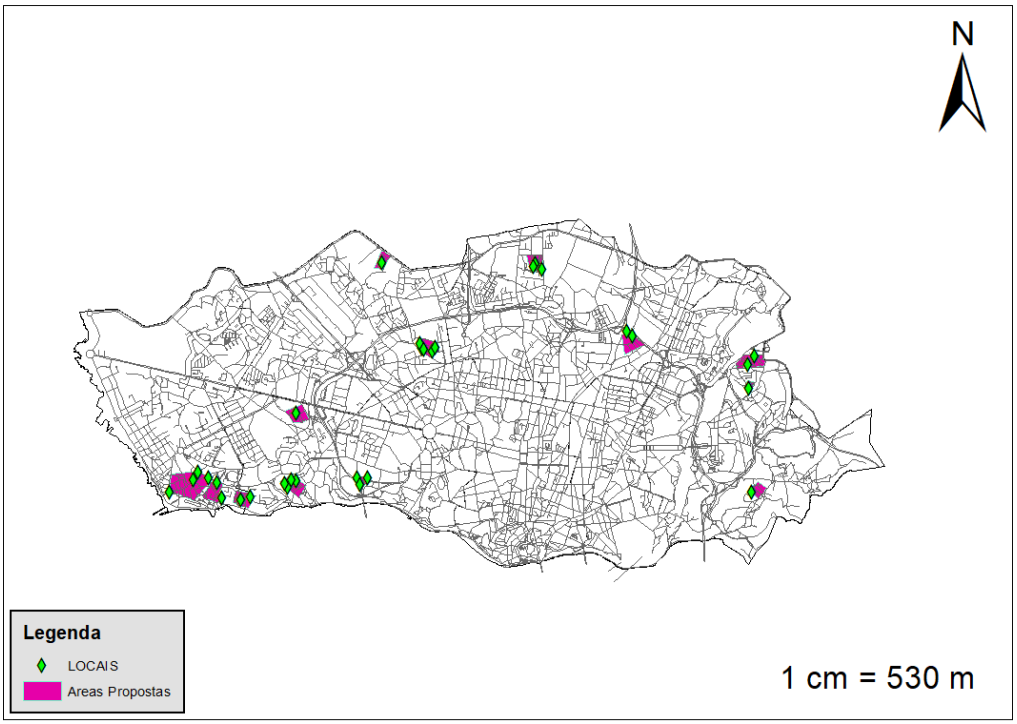


Figura E.7: *Planta do Município do Porto, com indicação dos locais possíveis de instalação de ilhas de compostagem.*

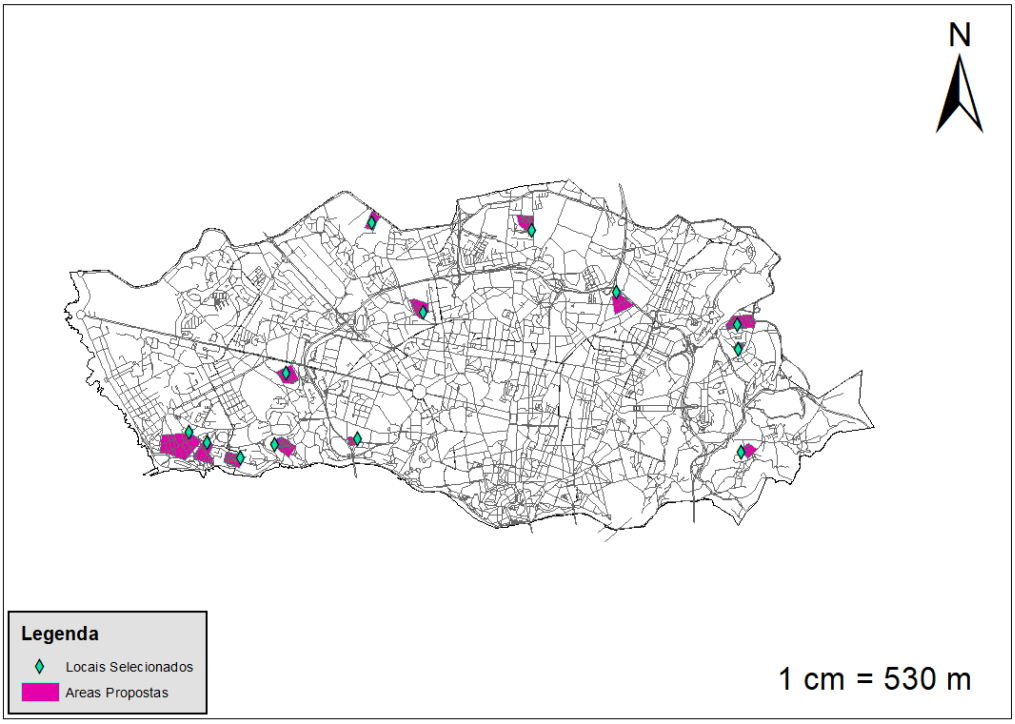


Figura E.8: *Planta do Município do Porto, com indicação dos locais propostos para a instalação de ilhas de compostagem.*

Anexo F – Tabelas com Análise Multicritério dos Diferentes Locais Estudados.

***Tabela F.1**: Análise Multicritério, áreas 1 a 7*

Área	Local	Morada	Coordenadas	Acessos	Sombra	Ponto de Água	Espaço	Área Verde	Proximidade de Ecopontos	Extra	Pontuação Extra	TOTAL
1	1	1854 Rua de Diogo Botelho	41°09'09.3"N 8°40'09.6"W	6	3	-2	7	4	-5			13
1	2	1740 Rua de Diogo Botelho	41°09'06.7"N 8°40'03.0"W	6	3	-2	7	4	-5			13
1	3	26 Caminho da Fonte de Cima	41°09'05.7"N 8°40'12.7"W	6	-3	2	7	-4	-5			3
1	4	Esplanada do Castelo	41°08'58.5"N 8°40'32.0"W	6	-3	-2	7	4	-5			7
2	1	Rua de Fernão Lopes	41°09'04.7"N 8°39'57.7"W	6	3	-2	7	4	-5			13
2	2	Rua Duarte Barbosa 224	41°08'57.3"N 8°39'54.3"W	6	3	-2	7	4	-5	Área Privada	-1	12
3	1	64 Rua 2 do Bairro da Rainha D. Leonor	41°08'55.8"N 8°39'42.6"W	-6	3	-2	7	-4	-5			-7
3	2	723 Rua de Paulo da Gama	41°08'55.9"N 8°39'36.0"W	6	3	-2	7	4	5			23
4	1	85 Rua Figueira da Foz	41°09'01.2"N 8°39'12.1"W	6	3	-2	7	4	-5	Terreno Muito Inclinado	-1	12
4	2	101 Largo da Costa Nova	41°09'06.6"N 8°39'07.5"W	6	-3	-2	-7	4	5	Proximidade de uma horta comunitária, já com compostores	1	4
4	3	91 Rua do Estoril	41°09'05.7"N 8°39'11.0"W	6	3	-2	7	4	-5			13
4	4	Largo Póvoa de Varzim	41°09'03.6"N 8°39'15.0"W	6	3	-2	7	4	5			23
5	1	25 Largo Maestro Miguel Ângelo	41°09'37.0"N 8°39'09.6"W	6	3	-2	7	4	5			23
6	1	8 Rua Professor José Valente	41°09'06.8"N 8°38'29.5"W	-6	3	-2	7	-4	5	Proximidade do sobreiro, cujas raízes não podem ser contaminadas.	-1	2
6	2	44 Rua Professor Carlos Alberto Ferreira de Almeida	41°09'04.2"N 8°38'28.1"W	-6	3	-2	7	4	-5			1
6	3	76 Rua Professor José Valente	41°09'07.1"N 8°38'22.8"W	6	3	-2	7	4	-5			13
7	1	Largo dos Cisnes	41°10'49.4"N 8°38'15.3"W	6	3	-2	7	4	5			23

Tabela F.2: *Análise Multicritério, áreas 8 a 13*

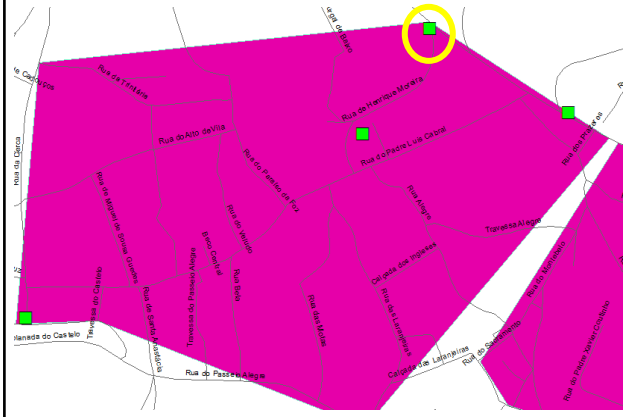
Área	Local	Morada	Coordenadas	Acessos	Sombra	Ponto de Água	Espaço	Área Verde	Proximidade de Ecopontos	Extra	Pontuação Extra	TOTAL
8	1	387 Rua dos Castelos	41°10'09.0"N 8°37'49.5"W	6	3	-2	7	4	5			23
8	2	427 Rua dos Castelos	41°10'10.3"N 8°37'50.1"W	6	-3	-2	-7	4	-5			-7
8	3	143 Rua do Castelo de Lanhoso	41°10'08.1"N 8°37'48.3"W	6	-3	-2	7	-4	5			9
8	4	114 Rua do Castelo de Guimarães	41°10'06.6"N 8°37'42.0"W	6	3	-2	7	4	5			23
8	5	71 Rua do Castelo de Numão	41°10'09.3"N 8°37'39.6"W	6	3	-2	7	4	-5			13
9	1	140 Rua da Ilha Terceira	41°10'49.2"N 8°36'38.8"W	6	3	-2	7	4	5			23
9	2	17 Rua da Ilha Terceira	41°10'46.0"N 8°36'34.3"W	6	-3	-2	-7	4	5			3
9	3	144 Rua de S. Jorge	41°10'47.9"N 8°36'39.7"W	6	3	-2	7	4	-5			13
10	1	310 Rua do Professor Mendes Correia	41°10'16.7"N 8°35'39.8"W	6	-3	-2	7	4	5			17
10	2	Rua do Relógio	41°10'14.8"N 8°35'37.3"W	6	3	-2	7	4	-5			13
11	1	162 Largo Valverde	41°10'01.2"N 8°34'24.6"W	6	3	-2	7	4	5			23
11	2	61 Praceta de São Mamede	41°10'05.1"N 8°34'19.7"W	6	3	-2	-7	4	5			9
12	1	53 Rua dos Bem-Me-Queres	41°09'49.7"N 8°34'22.8"W	6	3	-2	7	4	-5			13
13	1	142 Rua do Rio da Vila	41°09'01.0"N 8°34'21.4"W	6	-3	-2	-7	4	-5	Zona com plantações de árvores	-1	-8

Anexo G – Fichas de Avaliação dos Locais Propostos para Instalação do Tratamento Local

Designação: 1.1

Arruamento - Ponto de Referência: 1854 Rua de Diogo Botelho

Coordenadas: 41°09'09.3"N 8°40'09.6"W





Condições Para Instalação

Facilidade de Acesso	S	x	N		Zona de Sombra	S	x	N	
Ponto de Água	S		N	x	Espaço Público	S	x	N	
Proximidade de Ecopontos	S		N	v					

Características da Área Envolvente

Habitações Abrangidas: 719

População Abrangida: 1726

Tipologia de Habitação: Unifamiliar

Com jardim: S [x] N [ ]

Conclusão:

Pontuação Análise Multicritério: 13

Número de Módulos Necessários: 10

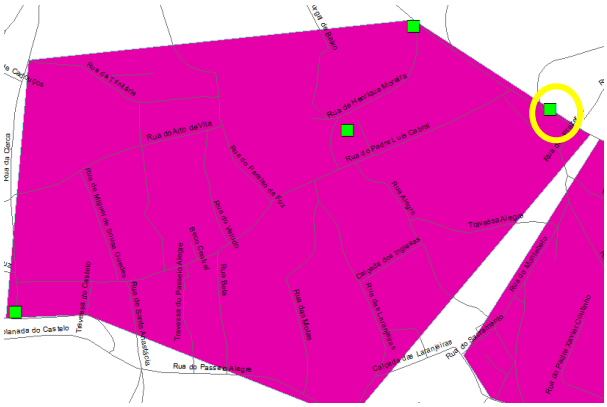
Observações:

Local Selecionado para instalação do tratamento local.

Designação 1.2

Arruamento - Ponto de Referência 1740 Rua de Diogo Botelho

Coordenadas 41°09'06.7"N 8°40'03.0"W





Condições Para Instalação

Facilidade de Acesso	S	x	N		Zona de Sombra	S	x	N	
Ponto de Água	S		N	x	Espaço Público	S	x	N	
Proximidade de Ecopontos	S		N	x					

Características da Área Envolvente

Habitações Abrangidas: 719

População Abrangida: 1726

Tipologia de Habitação: Unifamiliar Com jardim: S x N

Conclusão:

Pontuação Análise Multicritério: 13

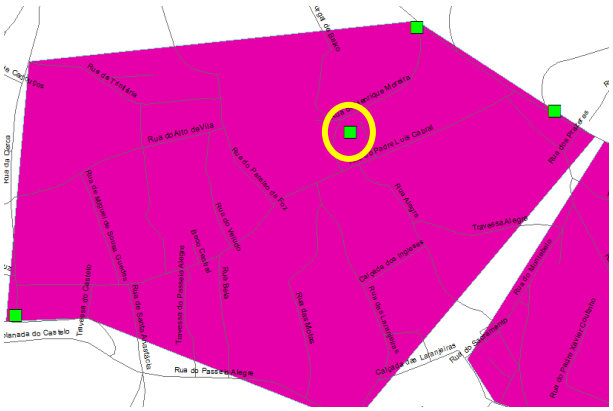
Número de Módulos Necessários: 10

Observações:

Designação 1.3

Arruamento - Ponto de Referência 26 Caminho da Fonte de Cima

Coordenadas 41°09'05.7"N 8°40'12.7"W





Condições Para Instalação

Facilidade de Acesso	S [x]	N [ ]	Zona de Sombra	S [ ]	N [x]
Ponto de Água	S [x]	N [ ]	Espaço Público	S [x]	N [ ]
Proximidade de Ecopontos	S [ ]	N [x]			

Características da Área Envolvente

Habitações Abrangidas: 719

População Abrangida: 1726

Tipologia de Habitação: Unifamiliar Com jardim: S [x] N [ ]

Conclusão:

Pontuação Análise Multicritério: 3

Número de Módulos Necessários: 10

Observações:

Designação 1.4

Arruamento - Ponto de Referência Esplanada do Castelo

Coordenadas 41°08'58.5"N 8°40'32.0"W





Condições Para Instalação

Facilidade de Acesso	S	x	N		Zona de Sombra	S		N	x
Ponto de Água	S		N	x	Espaço Público	S	x	N	
Proximidade de Ecopontos	S		N	x					

Características da Área Envolvente

Habitações Abrangidas: 719

População Abrangida: 1726

Tipologia de Habitação: Unifamiliar Com jardim: S x N

Conclusão:

Pontuação Análise Multicritério: 7

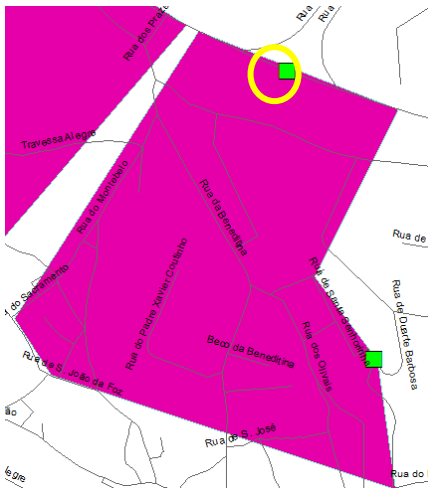
Número de Módulos Necessários: 10

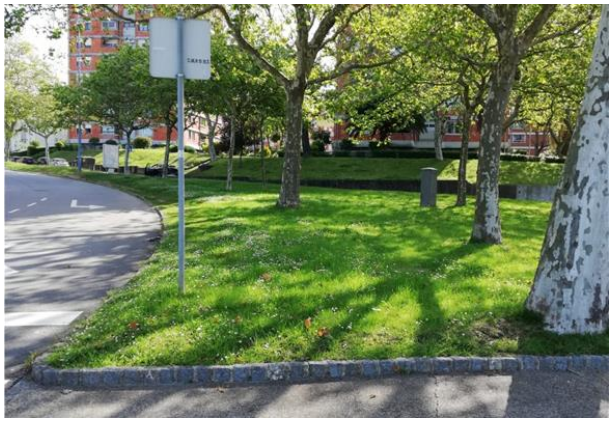
Observações:

Designação: 2.1

Arruamento - Ponto de Referência: Rua de Fernão Lopes

Coordenadas: 41°09'04.7"N 8°39'57.7"W





Condições Para Instalação

Facilidade de Acesso	S	x	N		Zona de Sombra	S	x	N	
Ponto de Água	S		N	x	Espaço Público	S	x	N	
Proximidade de Ecopontos	S		N	x					

Características da Área Envolvente

Habitações Abrangidas: 355

População Abrangida: 852

Tipologia de Habitação: Unifamiliar

Com jardim: S [x] N [ ]

Conclusão:

Pontuação Análise Multicritério: 13

Número de Módulos Necessários: 5

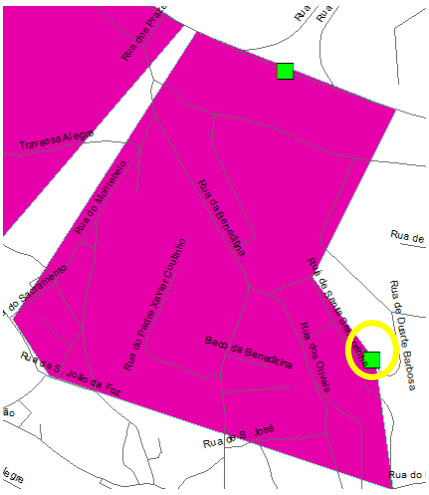
Observações:

Local Selecionado para instalação do tratamento local.

Designação: 2.2

Arruamento - Ponto de Referência: Rua de Duarte Barbosa 224

Coordenadas: 41°08'57.3"N 8°39'54.3"W





Condições Para Instalação

Facilidade de Acesso	S	x	N		Zona de Sombra	S	x	N	
Ponto de Água	S		N	x	Espaço Público	S		N	x
Proximidade de Ecopontos	S	x	N						

Características da Área Envolvente

Habitações Abrangidas: 355

População Abrangida: 852

Tipologia de Habitação: Unifamiliar

Com jardim: S [x] N [ ]

Conclusão:

Pontuação Análise Multicritério: 12

Número de Módulos Necessários: 5

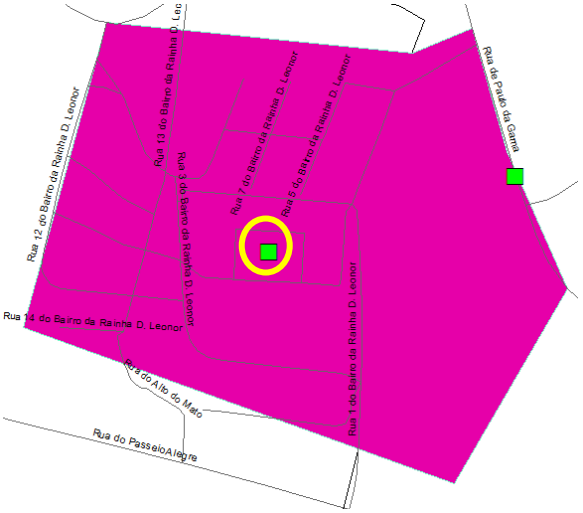
Observações:

Área Privada. Local onde não pode ser instalado o tratamento local.

Designação 3.1

Arruamento - Ponto de Referência 64 Rua 2 do Bairro da Rainha D. Leonor

Coordenadas 41°08'55.8"N 8°39'42.6"W





Condições Para Instalação

Facilidade de Acesso	S		N	x	Zona de Sombra	S	x	N	
Ponto de Água	S		N	x	Espaço Público	S	x	N	
Proximidade de Ecopontos	S		N	x					

Características da Área Envolvente

Habitações Abrangidas: 145

População Abrangida: 348

Tipologia de Habitação: Unifamiliar Com jardim: S [x] N [ ]

Conclusão:

Pontuação Análise Multicritério: -7

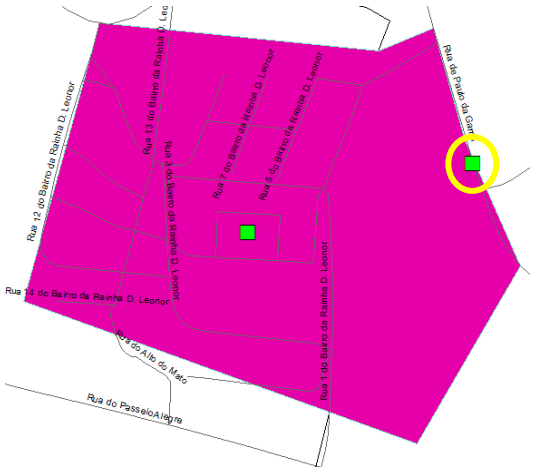
Número de Módulos Necessários: 3

Observações:

Designação 3.2

Arruamento - Ponto de Referência 723 Rua de Paulo da Gama

Coordenadas 41°08'55.9"N 8°39'36.0"W





Condições Para Instalação

Facilidade de Acesso	S	x	N		Zona de Sombra	S	x	N	
Ponto de Água	S		N	x	Espaço Público	S	x	N	
Proximidade de Ecopontos	S	x	N						

Características da Área Envolvente

Habitações Abrangidas: 145

População Abrangida: 348

Tipologia de Habitação: Unifamiliar Com jardim: S x N

Conclusão:

Pontuação Análise Multicritério: 23

Número de Módulos Necessários: 3

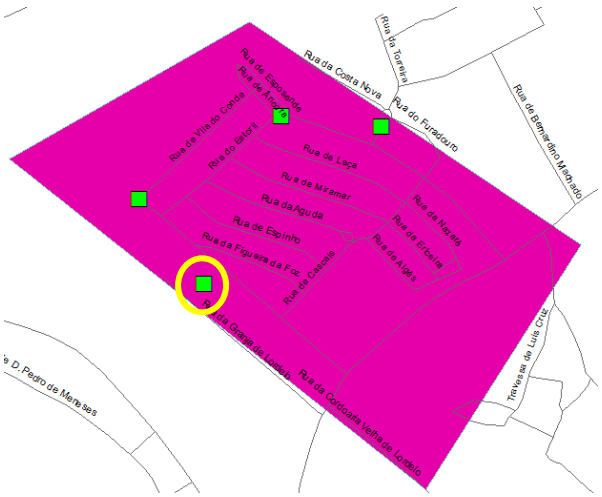
Observações:

Local Selecionado para instalação do tratamento local.

Designação 4.1

Arruamento - Ponto de Referência 85 Rua Figueira da Foz

Coordenadas 41°09'01.2"N 8°39'12.1"W





Condições Para Instalação

Facilidade de Acesso	S	x	N		Zona de Sombra	S	x	N	
Ponto de Água	S		N	x	Espaço Público	S	x	N	
Proximidade de Ecopontos	S		N	x					

Características da Área Envolvente

Habitações Abrangidas: 293

População Abrangida: 703

Tipologia de Habitação: Unifamiliar Com jardim: S x N

Conclusão:

Pontuação Análise Multicritério: 12

Número de Módulos Necessários: 5

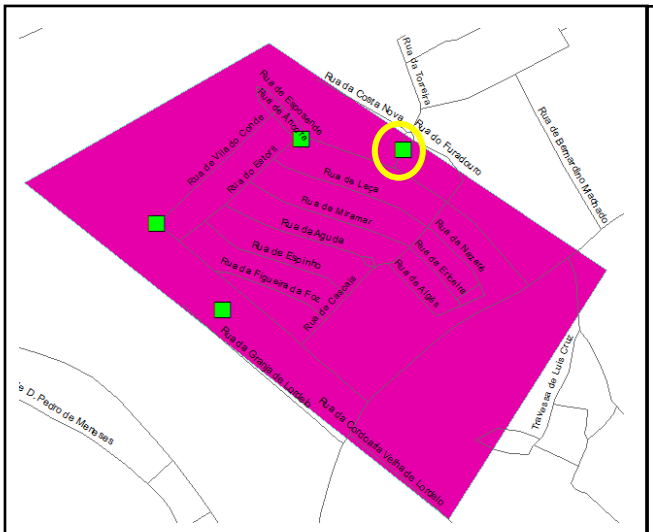
Observações:

Local com terreno com elevada inclinação.

Designação: 4.2

Arruamento - Ponto de Referência: 101 Largo da Costa Nova

Coordenadas: 41°09'06.6"N 8°39'07.5"W





Condições Para Instalação

Facilidade de Acesso	S	x	N		Zona de Sombra	S		N	x
Ponto de Água	S		N	x	Espaço Público	S	x	N	
Proximidade de Ecopontos	S	x	N						

Características da Área Envolvente

Habitações Abrangidas: 293

População Abrangida: 703

Tipologia de Habitação: Unifamiliar

Com jardim: S [x] N [ ]

Conclusão:

Pontuação Análise Multicritério: 4

Número de Módulos Necessários: 5

Observações:

Espaço insuficiente para a instalação do tratamento local. Proximidade de uma horta comunitária onde já existem compostores.

Designação 4.3

Arruamento - Ponto de Referência 91 Rua do Estoril

Coordenadas 41°09'05.7"N 8°39'11.0"W





Condições Para Instalação

Facilidade de Acesso	S	x	N		Zona de Sombra	S	x	N	
Ponto de Água	S		N	x	Espaço Público	S	x	N	
Proximidade de Ecopontos	S		N	x					

Características da Área Envolvente

Habitações Abrangidas: 293

População Abrangida: 703

Tipologia de Habitação: Unifamiliar Com jardim: S x N

Conclusão:

Pontuação Análise Multicritério: 13

Número de Módulos Necessários: 5

Observações:

Designação: 4.4

Arruamento - Ponto de Referência: Largo Póvoa de Varzim

Coordenadas: 41°09'03.6"N 8°39'15.0"W





Condições Para Instalação

Facilidade de Acesso	S	x	N		Zona de Sombra	S	x	N	
Ponto de Água	S		N	x	Espaço Público	S	x	N	
Proximidade de Ecopontos	S	x	N						

Características da Área Envolvente

Habitações Abrangidas: 293

População Abrangida: 703

Tipologia de Habitação: Unifamiliar

Com jardim: S [x] N [ ]

Conclusão:

Pontuação Análise Multicritério: 23

Número de Módulos Necessários: 5

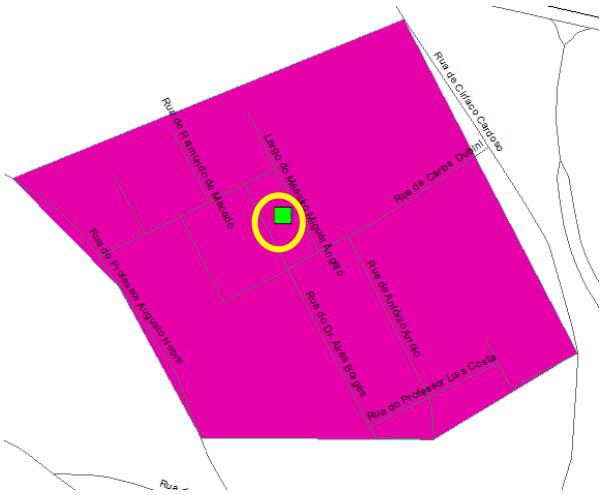
Observações:

Local Selecionado para instalação do tratamento local.

Designação: 5.1

Arruamento - Ponto de Referência: 25 Largo Maestro Miguel Ângelo

Coordenadas: 41°09'37.0"N 8°39'09.6"W





Condições Para Instalação

Facilidade de Acesso	S	x	N		Zona de Sombra	S	x	N	
Ponto de Água	S		N	x	Espaço Público	S	x	N	
Proximidade de Ecopontos	S	x	N						

Características da Área Envolvente

Habitações Abrangidas: 226

População Abrangida: 542

Tipologia de Habitação: Unifamiliar

Com jardim: S [x] N [ ]

Conclusão:

Pontuação Análise Multicritério: 23

Número de Módulos Necessários: 5

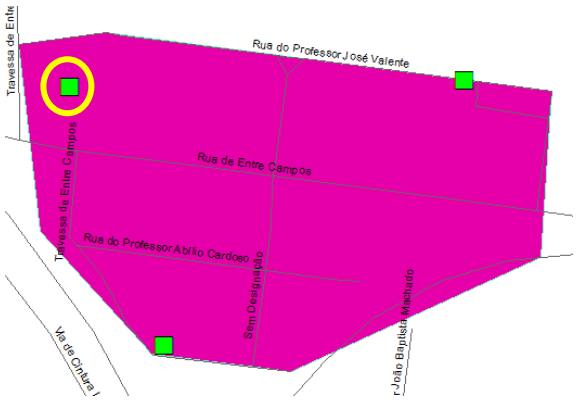
Observações:

Local Selecionado para instalação do tratamento local.

Designação | 6.1

Arruamento - Ponto de Referência | 8 Rua Professor José Valente

Coordenadas | 41°09'06.8"N 8°38'29.5"W





Condições Para Instalação

Facilidade de Acesso	S		N	x	Zona de Sombra	S	x	N	
Ponto de Água	S		N	x	Espaço Público	S	x	N	
Proximidade de Ecopontos	S	x	N						

Características da Área Envolvente

Habitações Abrangidas: 64

População Abrangida: 154

Tipologia de Habitação: Unifamiliar Com jardim: S [x] N [ ]

Conclusão:

Pontuação Análise Multicritério: 2

Número de Módulos Necessários: 3

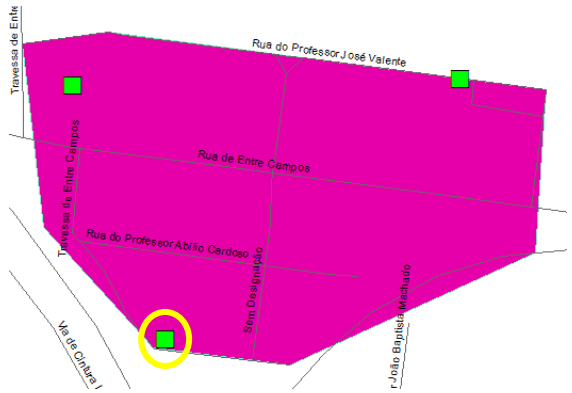
Observações:

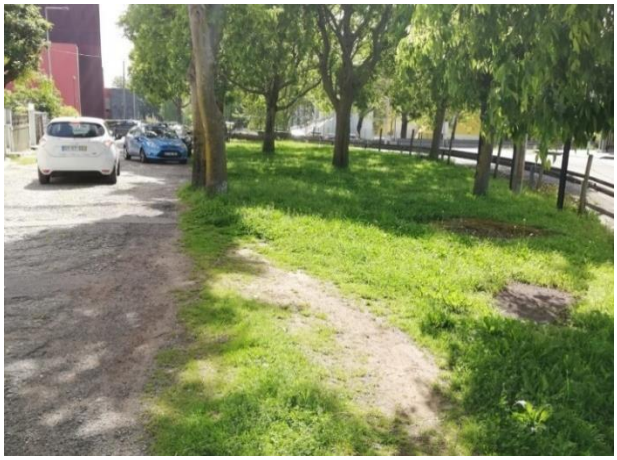
Local onde existe um sobreiro de grandes dimensões, cujas raízes podem ser danificadas caso seja realizada a instalação do tratamento local. Local corresponde a uma zona de estacionamento.

Designação 6.2

Arruamento - Ponto de Referência 44 Rua Professor Carlos Alberto Ferreira de

Coordenadas 41°09'04.2"N 8°38'28.1"W





Condições Para Instalação

Facilidade de Acesso	S		N	x	Zona de Sombra	S	x	N	
Ponto de Água	S		N	x	Espaço Público	S	x	N	
Proximidade de Ecopontos	S		N	x					

Características da Área Envolvente

Habitações Abrangidas: 64

População Abrangida: 154

Tipologia de Habitação: Unifamiliar Com jardim: S x N

Conclusão:

Pontuação Análise Multicritério: 1

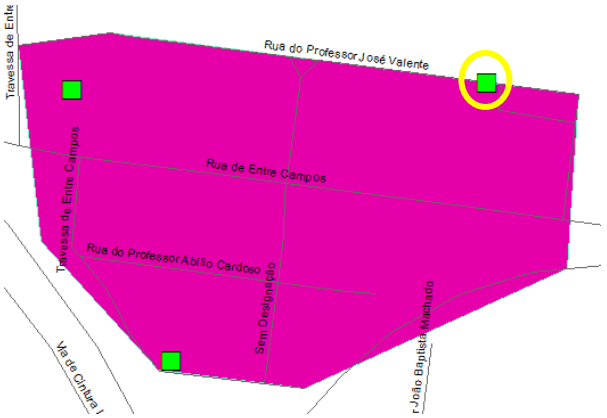
Número de Módulos Necessários: 3

Observações:

Designação 6.3

Arruamento - Ponto de Referência 76 Rua Professor José Valente

Coordenadas 41°09'07.1"N 8°38'22.8"W





Condições Para Instalação

Facilidade de Acesso	S		N	x	Zona de Sombra	S	x	N	
Ponto de Água	S		N	x	Espaço Público	S	x	N	
Proximidade de Ecopontos	S		N	x					

Características da Área Envolvente

Habitações Abrangidas: 64

População Abrangida: 154

Tipologia de Habitação: Unifamiliar Com jardim: S [x] N [ ]

Conclusão:

Pontuação Análise Multicritério: 13

Número de Módulos Necessários: 3

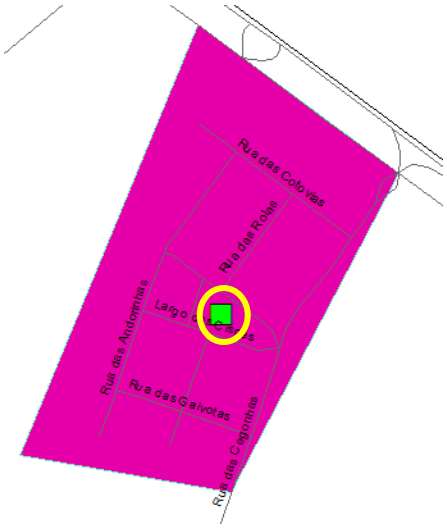
Observações:

Local Selecionado para instalação do tratamento local.

Designação 7.1

Arruamento - Ponto de Referência Largo dos Cisnes

Coordenadas 41°10'49.4"N 8°38'15.3"W





Condições Para Instalação

Facilidade de Acesso	S	x	N		Zona de Sombra	S	x	N	
Ponto de Água	S		N	x	Espaço Público	S	x	N	
Proximidade de Ecopontos	S	x	N						

Características da Área Envolvente

Habitações Abrangidas: 163

População Abrangida: 391

Tipologia de Habitação: Unifamiliares Com jardim: S x N

Conclusão:

Pontuação Análise Multicritério: 23

Número de Módulos Necessários: 3

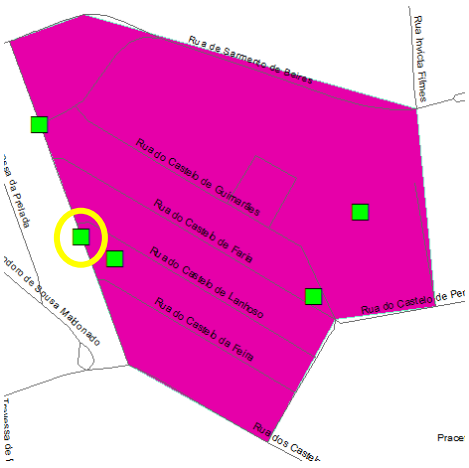
Observações:

Local Selecionado para instalação do tratamento local.

Designação 8.1

Arruamento - Ponto de Referência 387 Rua dos Castelos

Coordenadas 41°10'09.0"N 8°37'49.5"W





Condições Para Instalação

Facilidade de Acesso	S	x	N		Zona de Sombra	S	x	N	
Ponto de Água	S		N	x	Espaço Público	S	x	N	
Proximidade de Ecopontos	S	x	N						

Características da Área Envolvente

Habitações Abrangidas: 267

População Abrangida: 641

Tipologia de Habitação: Unifamiliar Com jardim: S x N

Conclusão:

Pontuação Análise Multicritério: 23

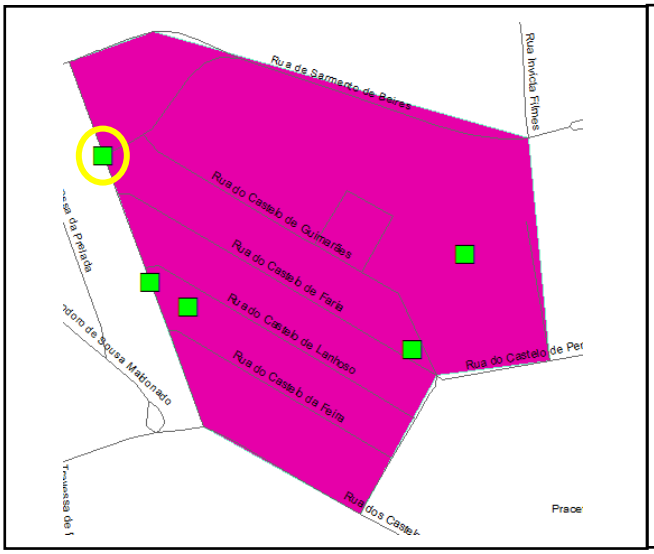
Número de Módulos Necessários: 5

Observações:

Designação: 8.2

Arruamento - Ponto de Referência: 427 Rua dos Castelos

Coordenadas: 41°10'10.3"N 8°37'50.1"W





Condições Para Instalação

Facilidade de Acesso	S	x	N		Zona de Sombra	S		N	x
Ponto de Água	S		N	x	Espaço Público	S	x	N	
Proximidade de Ecopontos	S		N	x					

Características da Área Envolvente

Habitações Abrangidas: 267

População Abrangida: 641

Tipologia de Habitação: Unifamiliar

Com jardim: S [x] N [ ]

Conclusão:

Pontuação Análise Multicritério: -7

Número de Módulos Necessários: 5

Observações:

Espaço insuficiente para a instalação do tratamento local.

Designação: 8.3

Arruamento - Ponto de Referência: 143 Rua do Castelo de Lanhoso

Coordenadas: 41°10'08.1"N 8°37'48.3"W





Condições Para Instalação

Facilidade de Acesso	S	x	N		Zona de Sombra	S		N	x
Ponto de Água	S		N	x	Espaço Público	S	x	N	
Proximidade de Ecopontos	S	x	N						

Características da Área Envolvente

Habitações Abrangidas: 267

População Abrangida: 641

Tipologia de Habitação: Unifamiliar

Com jardim: S [x] N [ ]

Conclusão:

Pontuação Análise Multicritério: 9

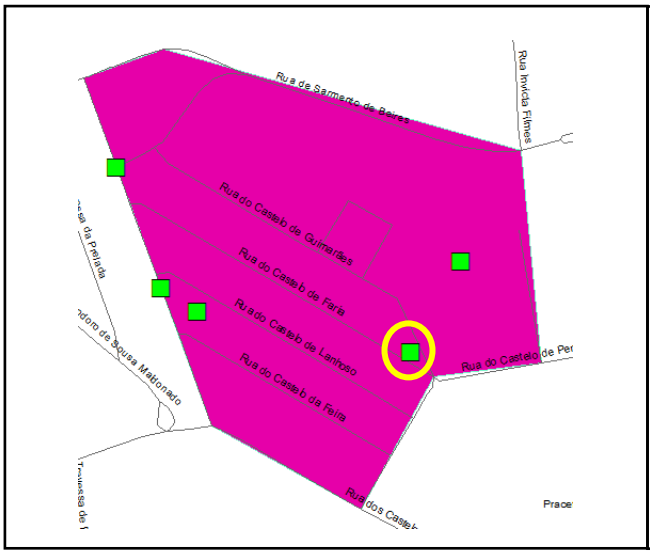
Número de Módulos Necessários: 5

Observações:

Designação 8.4

Arruamento - Ponto de Referência 114 Rua do Castelo de Guimarães

Coordenadas 41°10'06.6"N 8°37'42.0"W





Condições Para Instalação

Facilidade de Acesso	S	x	N		Zona de Sombra	S	x	N	
Ponto de Água	S		N	x	Espaço Público	S	x	N	
Proximidade de Ecopontos	S	x	N						

Características da Área Envolvente

Habitações Abrangidas: 267

População Abrangida: 641

Tipologia de Habitação: Unifamiliar Com jardim: S x N

Conclusão:

Pontuação Análise Multicritério: 23

Número de Módulos Necessários: 5

Observações:

Local Selecionado para instalação do tratamento local.

Designação 8.5

Arruamento - Ponto de Referência 71 Rua do Castelo de Numão

Coordenadas 41°10'09.3"N 8°37'39.6"W





Condições Para Instalação

Facilidade de Acesso	S	x	N		Zona de Sombra	S	x	N	
Ponto de Água	S		N	x	Espaço Público	S	x	N	
Proximidade de Ecopontos	S		N	x					

Características da Área Envolvente

Habitações Abrangidas: 267

População Abrangida: 641

Tipologia de Habitação: Unifamiliar Com jardim: S x N

Conclusão:

Pontuação Análise Multicritério: 13

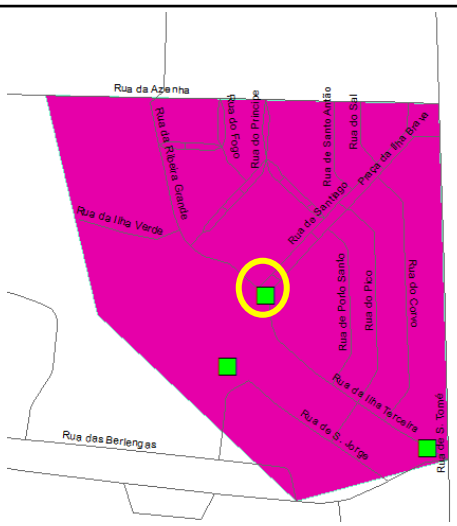
Número de Módulos Necessários: 5

Observações:

Designação: 9.1

Arruamento - Ponto de Referência: 140 Rua da Ilha Terceira

Coordenadas: 41°10'49.2"N 8°36'38.8"W





Condições Para Instalação

Facilidade de Acesso	S	x	N		Zona de Sombra	S	x	N	
Ponto de Água	S		N	x	Espaço Público	S	x	N	
Proximidade de Ecopontos	S	x	N						

Características da Área Envolvente

Habitações Abrangidas: 213

População Abrangida: 511

Tipologia de Habitação: Unifamiliar

Com jardim: S [x] N [ ]

Conclusão:

Pontuação Análise Multicritério: 23

Número de Módulos Necessários: 5

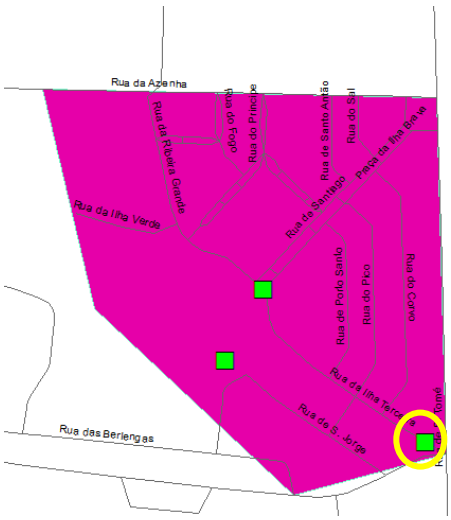
Observações:

Local Selecionado para instalação do tratamento local.

Designação 9.2

Arruamento - Ponto de Referência 17 Rua da Ilha Terceira

Coordenadas 41°10'46.0"N 8°36'34.3"W





Condições Para Instalação

Facilidade de Acesso	S	x	N		Zona de Sombra	S		N	x
Ponto de Água	S		N	x	Espaço Público	S	x	N	
Proximidade de Ecopontos	S	x	N						

Características da Área Envolvente

Habitações Abrangidas: 213

População Abrangida: 511

Tipologia de Habitação: Unifamiliar Com jardim: S x N

Conclusão:

Pontuação Análise Multicritério: 3

Número de Módulos Necessários: 5

Observações:

Local com espaço insuficiente para a instalação do tratamento local.

Designação 9.3

Arruamento - Ponto de Referência 144 Rua de S. Jorge

Coordenadas 41°10'47.9"N 8°36'39.7"W





Condições Para Instalação

Facilidade de Acesso	S	x	N		Zona de Sombra	S	x	N	
Ponto de Água	S		N	x	Espaço Público	S	x	N	
Proximidade de Ecopontos	S		N	x					

Características da Área Envolvente

Habitações Abrangidas: 213

População Abrangida: 511

Tipologia de Habitação: Unifamiliar Com jardim: S x N

Conclusão:

Pontuação Análise Multicritério: 13

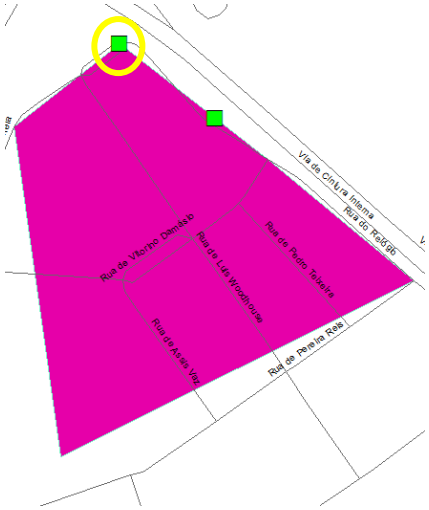
Número de Módulos Necessários: 5

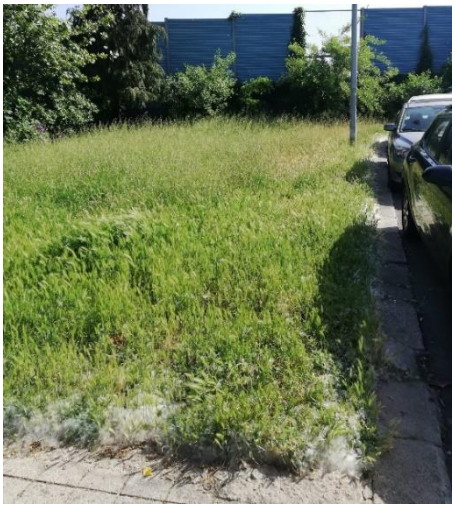
Observações:

Designação 10.1

Arruamento - Ponto de Referência 310 Rua do Professor Mendes Correia

Coordenadas 41°10'16.7"N 8°35'39.8"W





Condições Para Instalação

Facilidade de Acesso	S	x	N		Zona de Sombra	S		N	x
Ponto de Água	S		N	x	Espaço Público	S	x	N	
Proximidade de Ecopontos	S	x	N						

Características da Área Envolvente

Habitações Abrangidas: 222

População Abrangida: 533

Tipologia de Habitação: Unifamiliar Com jardim: S x N

Conclusão:

Pontuação Análise Multicritério: 17

Número de Módulos Necessários: 5

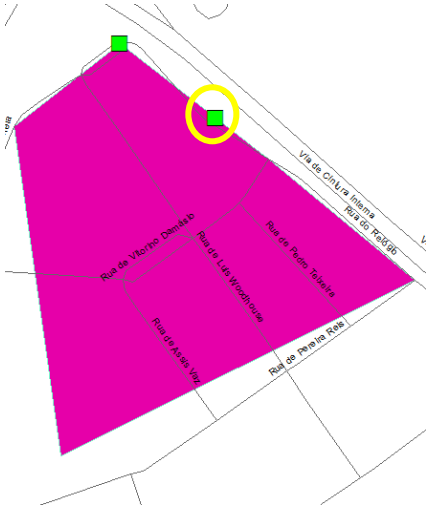
Observações:

Local Selecionado para instalação do tratamento local.

Designação 10.2

Arruamento - Ponto de Referência Rua do Relógio

Coordenadas 41°10'14.8"N 8°35'37.3"W





Condições Para Instalação

Facilidade de Acesso	S	x	N		Zona de Sombra	S	x	N	
Ponto de Água	S		N	x	Espaço Público	S	x	N	
Proximidade de Ecopontos	S		N	x					

Características da Área Envolvente

Habitações Abrangidas: 222

População Abrangida: 533

Tipologia de Habitação: Unifamiliar Com jardim: S x N

Conclusão:

Pontuação Análise Multicritério: 13

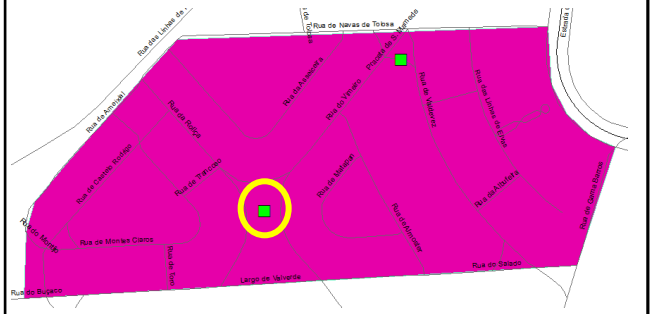
Número de Módulos Necessários: 5

Observações:

Designação 11.1

Arruamento - Ponto de Referência 162 Largo Valverde

Coordenadas 41°10'01.2"N 8°34'24.6"W





Condições Para Instalação

Facilidade de Acesso	S	x	N		Zona de Sombra	S	x	N	
Ponto de Água	S		N	x	Espaço Público	S	x	N	
Proximidade de Ecopontos	S	x	N						

Características da Área Envolvente

Habitações Abrangidas: 342

População Abrangida: 821

Tipologia de Habitação: Unifamiliar Com jardim: S x N

Conclusão:

Pontuação Análise Multicritério: 23

Número de Módulos Necessários: 5

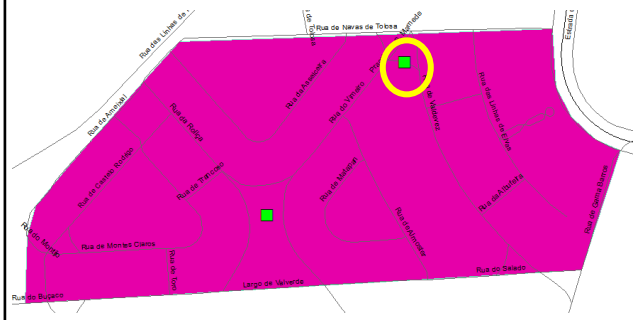
Observações:

Local Selecionado para instalação do tratamento local.

Designação 11.2

Arruamento - Ponto de Referência 61 Praceta de São Mamede

Coordenadas 41°10'05.1"N 8°34'19.7"W





Condições Para Instalação

Facilidade de Acesso	S	x	N		Zona de Sombra	S	x	N	
Ponto de Água	S		N	x	Espaço Público	S	x	N	
Proximidade de Ecopontos	S	x	N						

Características da Área Envolvente

Habitações Abrangidas: 342

População Abrangida: 821

Tipologia de Habitação: Unifamiliar Com jardim: S x N

Conclusão:

Pontuação Análise Multicritério: 9

Número de Módulos Necessários: 5

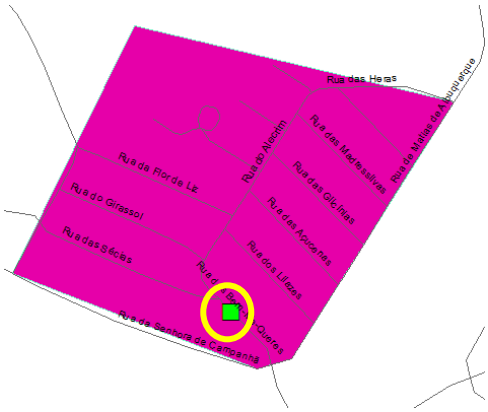
Observações:

Local com espaço insuficiente para a instalação do tratamento local.

Designação 12.1

Arruamento - Ponto de Referência 53 Rua dos Bem- Me-Queres

Coordenadas 41°09'49.7"N 8°34'22.8"W





Condições Para Instalação

Facilidade de Acesso	S	x	N		Zona de Sombra	S	x	N	
Ponto de Água	S		N	x	Espaço Público	S	x	N	
Proximidade de Ecopontos	S		N	x					

Características da Área Envolvente

Habitações Abrangidas: 82

População Abrangida: 197

Tipologia de Habitação: Unifamiliar Com jardim: S x N

Conclusão:

Pontuação Análise Multicritério: 13

Número de Módulos Necessários: 3

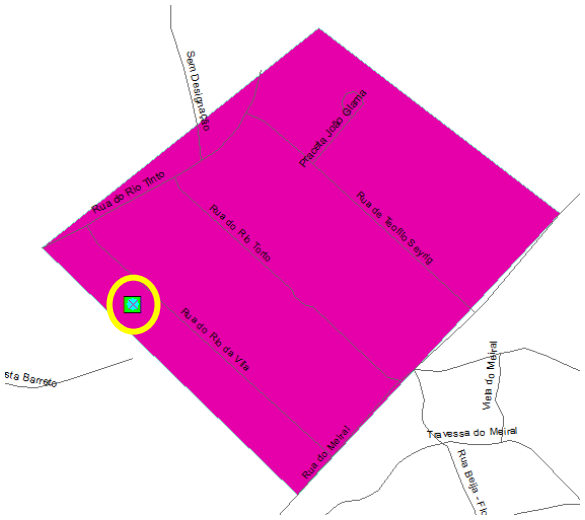
Observações:

Local Selecionado para instalação do tratamento local.

Designação 13.1

Arruamento - Ponto de Referência 142 Rua do Rio da Vila

Coordenadas 41°09'01.0"N 8°34'21.4"W





Condições Para Instalação

Facilidade de Acesso	S	x	N		Zona de Sombra	S		N	x
Ponto de Água	S		N	x	Espaço Público	S	x	N	
Proximidade de Ecopontos	S	x	N						

Características da Área Envolvente

Habitações Abrangidas: 166

População Abrangida: 398

Tipologia de Habitação: Unifamiliar Com jardim: S x N

Conclusão:

Pontuação Análise Multicritério: -8

Número de Módulos Necessários: 3

Observações:

Local com plantações de árvores, o que resulta em que não exista espaço suficiente para a instalação do tratamento local.

Anexo H.1 – Temperaturas Registadas nos Diferentes Módulos da Ilha de Compostagem Instalada no Amial



***Figura H.1.1**: Temperaturas registadas, nas diferentes fases, no Módulo 1.*

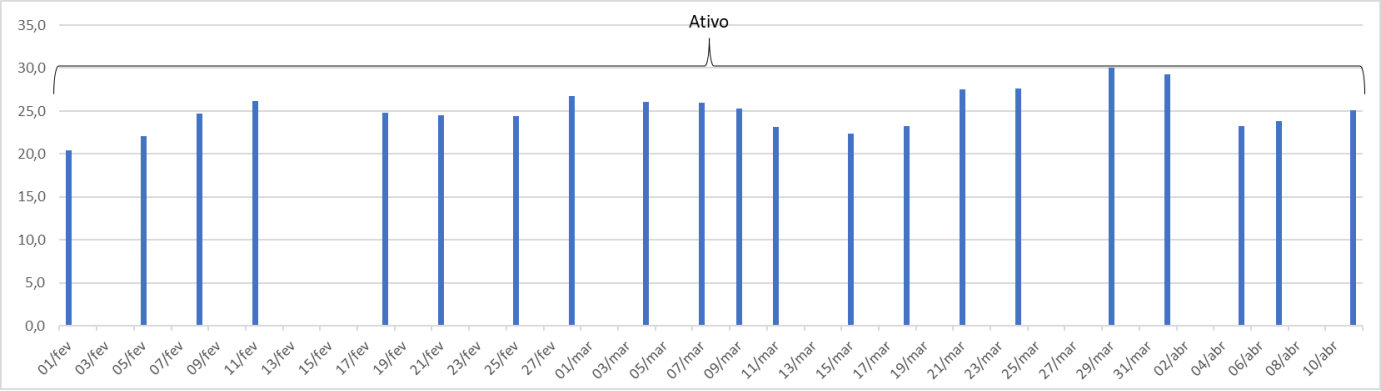


***Figura H.1.2**: Temperaturas registadas no Módulo 2.*

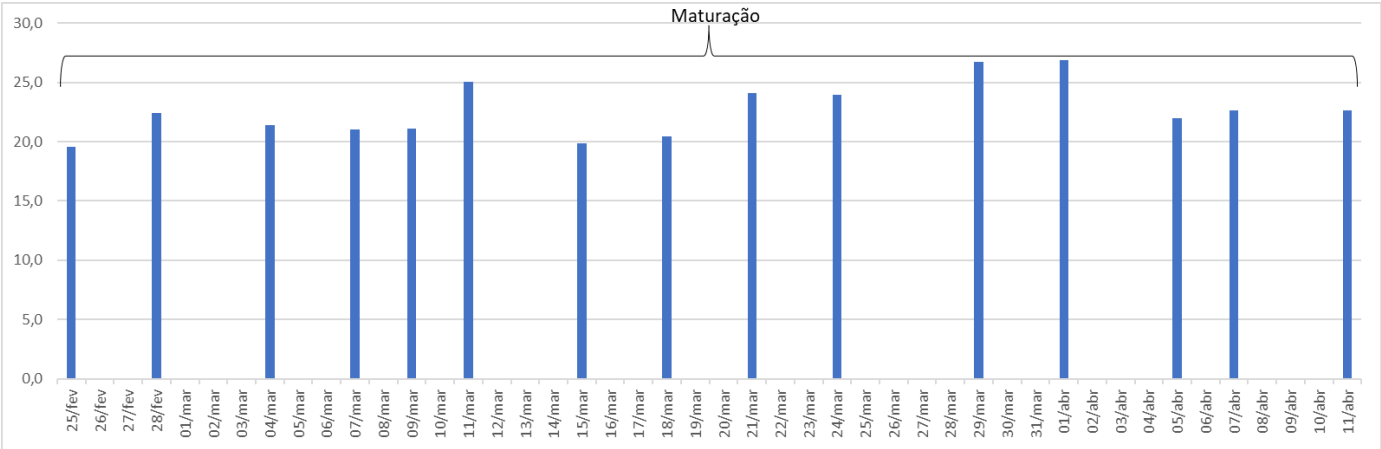


***Figura H.1.3**: Temperaturas registadas no Módulo 3.*

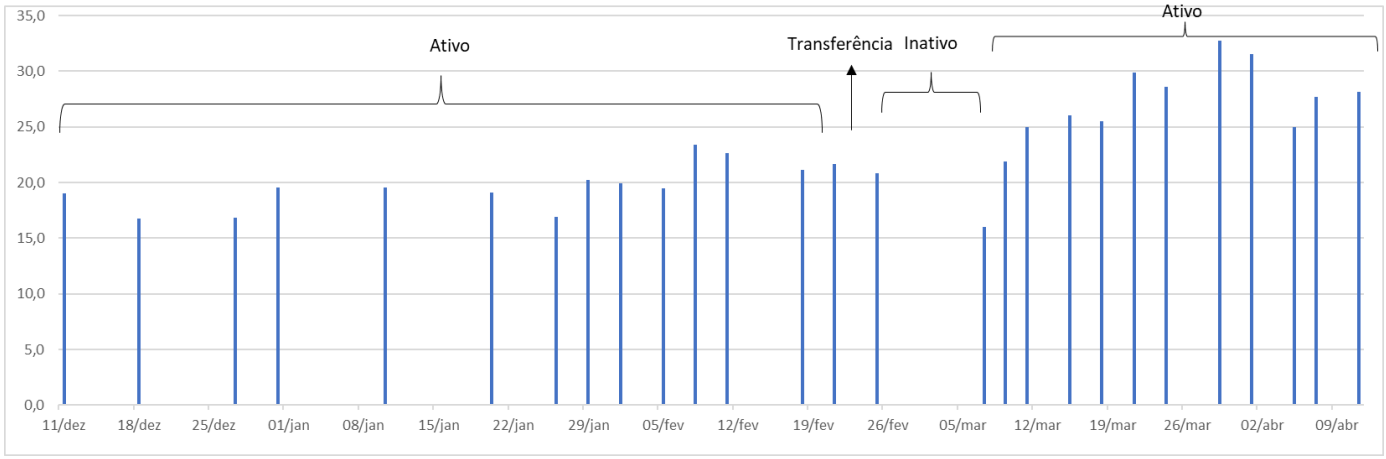


Figura H.1.4: *Temperaturas registadas, nas diferentes fases, no Módulo 4.*

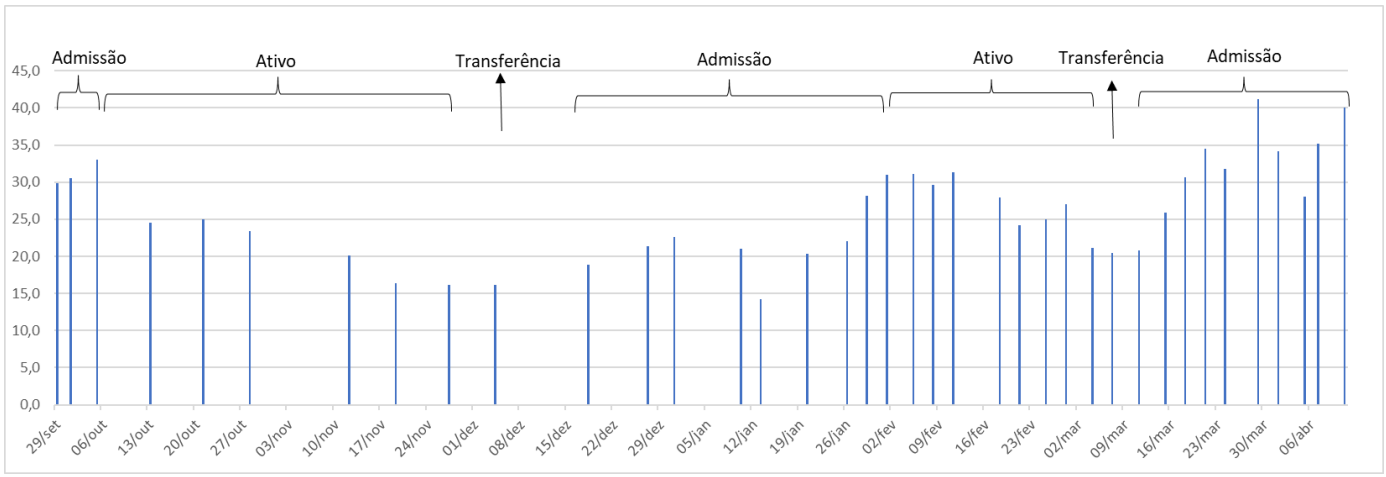


Figura H.1.5: *Temperaturas registadas, nas diferentes fases, no Módulo 5.*

Anexo H.2 – Temperaturas Registadas nos Diferentes Módulos da Ilha de Compostagem Instalada em Paranhos

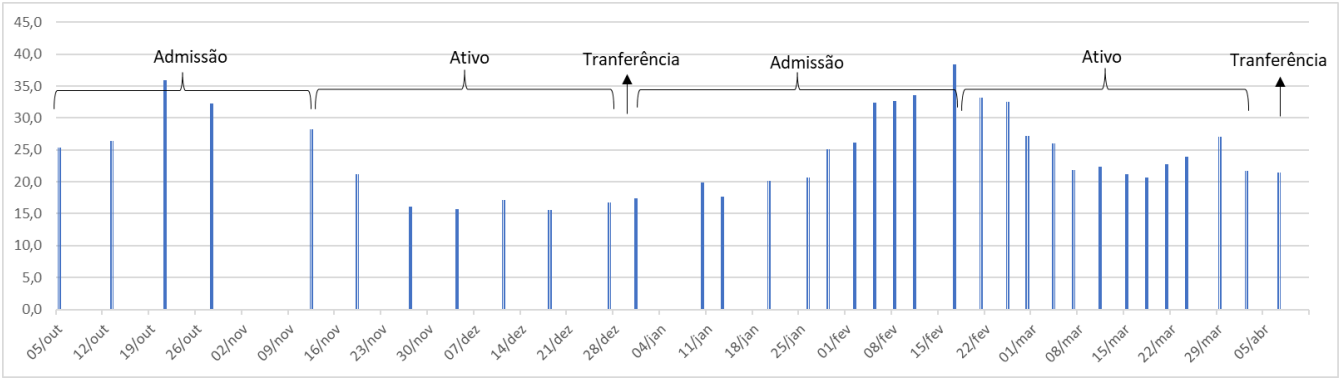


Figura H.2.1: *Temperaturas registadas, nas diferentes fases, no Módulo 1.*

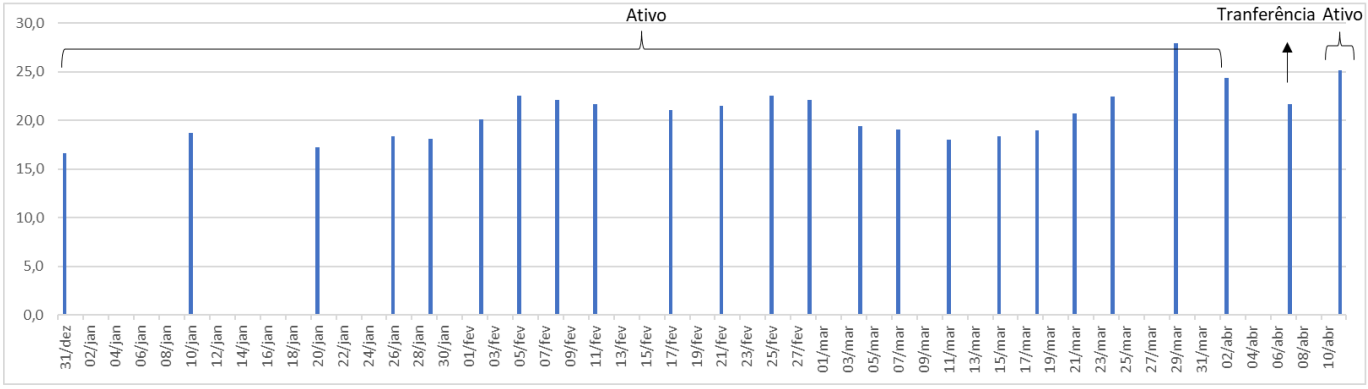


Figura H.2.2: *Temperaturas registadas no Módulo 2.*

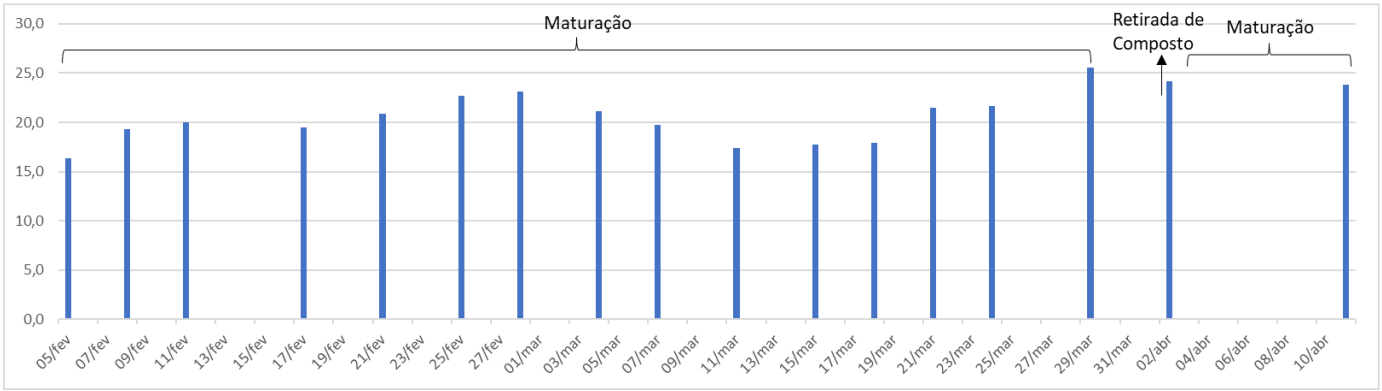


Figura H.2.3: *Temperaturas registadas no Módulo 3.*

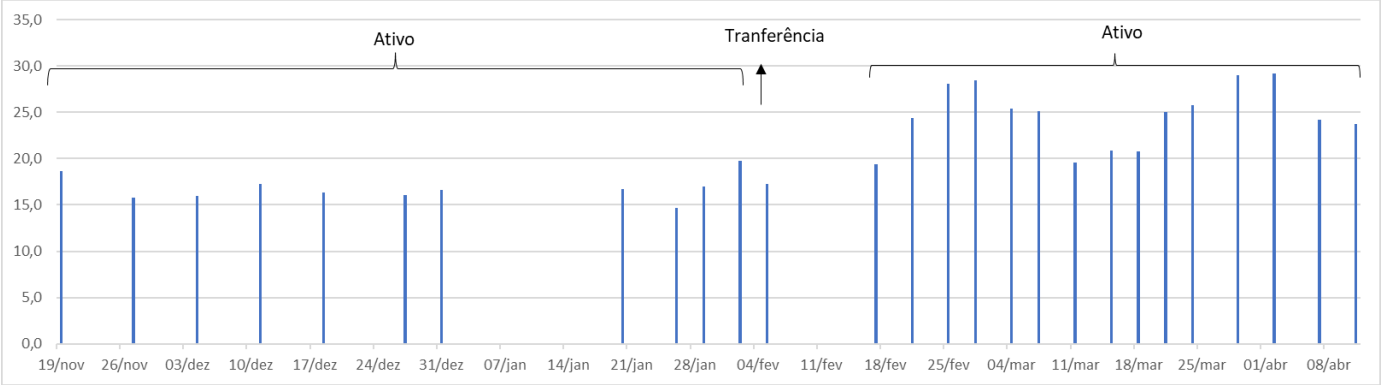


Figura H.2.4: *Temperaturas registadas no Módulo 4.*

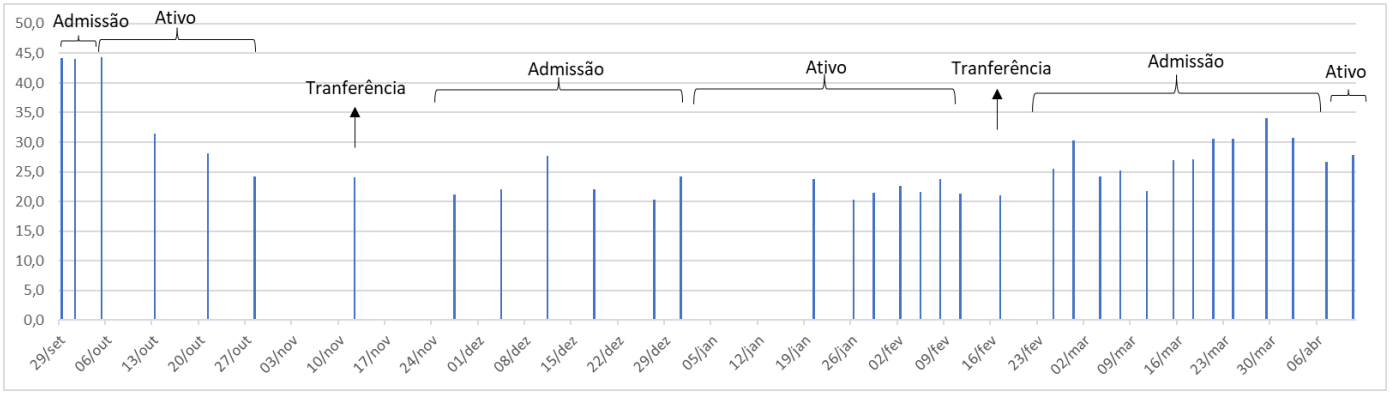


Figura H.2.5*: Temperaturas registadas, nas diferentes fases, no Módulo 5.*