

Sistemas Locais de Saneamento de Baixo Custo

Mafalda Araújo Mendes Pinto

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

Engenharia Civil

Júri

Presidente: Professor Doutor António Alexandre Trigo Teixeira

Orientador: Professor Doutor José Manuel de Saldanha Gonçalves Matos

Vogal: Professora Doutora Filipa Maria Santos Ferreira

Novembro de 2013

The ideal engineer is a composite... He is not a scientist, he is not a mathematician, he is not a sociologist or a writer; but he may use the knowledge and techniques of any or all of these disciplines in solving engineering problems.

- *N. W. Dougherty*

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais pelo apoio constante ao longo da elaboração desta dissertação.

À Mariana que, mesmo do outro lado do mundo me motivou e ajudou a manter o ânimo.

A todos os meus amigos que me ajudaram e aturaram durante estes meses de trabalho. Em especial à Sara e à Rita, minhas grandes companheiras de batalha, sem vocês tudo isto teria sido mais difícil, solitário e muito menos divertido.

Ao Professor Saldanha Matos, o apoio e orientação que me deu ao longo destes meses, teve uma contribuição decisiva neste trabalho.

RESUMO

A maioria da população mundial não tem acesso a saneamento melhorado. Garantir o saneamento melhorado a 75% da população mundial, até 2015, é um dos Objetivos de Desenvolvimento do Milénio (ODM) propostos pelas Nações Unidas (ONU). No entanto, os níveis de saneamento permanecem longe desta meta, tornando a necessidade de ação urgente.

Nesta dissertação é apresentado um estudo sobre o saneamento nos países em desenvolvimento e o impacto espectável na vida das populações. A aplicação de sistemas de saneamento em comunidades de baixos recursos financeiros tem especificidades; implica o conhecimento das características físicas do terreno bem como dos hábitos, crenças e tabus, em suma da cultura local.

Este trabalho inclui um modelo de decisão, baseado em fluxogramas, com aplicabilidade preferencial em comunidades rurais, até 250 habitantes, com uma densidade populacional máxima de 200hab/ha. Este modelo tem como objetivo auxiliar a escolha do sistema de saneamento mais adequado à população em causa, facilitando a compreensão das principais variáveis a contemplar na conceção de um sistema local de saneamento melhorado.

Dirigido essencialmente aos países africanos de língua oficial portuguesa (PALOP) pretende-se que esta dissertação seja uma mais-valia na seleção apropriada do modelo de saneamento melhorado em comunidade de países em desenvolvimento.

Palavras-chave: sistemas locais de saneamento; ODM; PALOP, países em desenvolvimento, modelos de decisão

ABSTRACT

The majority of the world population has access to improved sanitation. One of the Millennium Development Goals (MDGs) proposed by the United Nations (UN) is ensuring improved sanitation to 75 % of the world population by 2015. However, levels of sanitation remain far from this goal, making the need for urgent action.

This thesis presents a study on sanitation in developing countries and its expectable impact on populations. The application of sanitation systems in communities with low financial resources has its own specificities; it implies knowledge of the physical characteristics of the land and the habits, beliefs and taboos, in short the local culture.

This work includes a decision model based on flowcharts with preferred applicability in rural communities, up to 250 inhabitants and with a density maximum of 200hab/ha. This model aims to assist the choice of sanitation system best suited to the population concerned by facilitating the understanding of the main variables to consider in the design of a local system of improved sanitation.

Directed mainly to African countries whose official language is Portuguese (PALOP) is intended that this work aims to be an asset on the appropriate selection of the model improved sanitation in communities in developing countries.

Keywords: On-site sanitation, low-cost; MDG, PALOP, decision model; developing countries.

ÍNDICE DO TEXTO

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. ASPETOS GERAIS	1
1.2. OBJETIVOS	2
1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO.....	3
2. ESTADO DA ARTE	5
3. SANEAMENTO E OBJETIVOS DO MILÉNIO - SITUAÇÃO NOS PALOP	9
3.1. ASPETOS GERAIS	9
3.2. O SANEAMENTO COMO BARREIRA À DISSEMINAÇÃO DE DOENÇAS.....	10
3.3. A ESCADA DO SANEAMENTO E O SANEAMENTO MELHORADO	11
3.4. POLÍTICA INTERNACIONAL E O SANEAMENTO	12
3.5. SANEAMENTO E SOCIEDADE.....	15
3.5.1. <i>A importância para a igualdade de género.....</i>	<i>15</i>
3.5.2. <i>A importância para as pessoas com mobilidade reduzida</i>	<i>16</i>
3.6. O SANEAMENTO NOS PALOP.....	17
3.6.1. <i>Limiar da pobreza nos PALOP.....</i>	<i>19</i>
4. SANEAMENTO LOCAL PARA PEQUENOS AGLOMERADOS POPULACIONAIS.....	21
4.1. UTILIZADORES DO SISTEMA DE SANEAMENTO	22
4.2. ACUMULAÇÃO E QUANTIDADE DE URINA E FEZES EXCRETADAS	22
4.3. REAPROVEITAMENTO DA EXCRETA NA AGRICULTURA.....	24
4.4. CONSTITUIÇÃO DOS SISTEMAS DE SANEAMENTO LOCAL.....	25
4.5. TIPOS DE SISTEMAS	29
A. <i>Sistemas a seco.....</i>	<i>29</i>
B. <i>Sistemas de transição</i>	<i>30</i>
C. <i>Sistemas com água</i>	<i>31</i>
4.6. EXEMPLOS DE I.S. DE BAIXO CUSTO	33
4.6.1. <i>Acessórios recomendados numa I.S.</i>	<i>35</i>
5. SISTEMA DE APOIO À DECISÃO PARA A DEFINIÇÃO DE SISTEMAS DE SANEAMENTO LOCAL	37
5.1. ASPETOS GERAIS	37
5.2. SELEÇÃO DO TIPO DE SISTEMA	39
5.2.A. DEFINIÇÃO DOS SISTEMAS A SECO.....	41
5.2.A.1 <i>Recolha e Tratamento Primário / Interface do utilizador</i>	<i>42</i>
5.2.A.2 <i>Limpeza e Transporte.....</i>	<i>44</i>
5.2.A.3 <i>Tratamento complementar</i>	<i>44</i>
5.2.A.4 <i>Destino final</i>	<i>45</i>
5.2.B DEFINIÇÃO DE SISTEMAS DE TRANSIÇÃO.....	47

5.2.B.1 Recolha e Tratamento Primário / Interface do utilizador	48
5.2.B.2 Limpeza e Transporte.....	50
5.2.B.3 Tratamento complementar	51
5.2.B.4 Destino final.....	54
5.2.C DEFINIÇÃO DE SISTEMAS A ÁGUA.....	57
5.2.C.1. Recolha e Tratamento Primário / Interface do utilizador	58
5.2.C.2. Limpeza e Transporte.....	61
5.2.C.3. Tratamento complementar	62
5.2.C.4. Destino final	63
5.3. CARACTERIZAÇÃO DA POPULAÇÃO.....	65
6. SÍNTESE, CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	67
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69
A. ANEXOS	73
INTERFACE DO UTILIZADOR	75
I.1 - Sanita a seco	75
I.2 - Sanita de descarga manual.....	77
I.3 - Sanita com descarga automática.....	79
I.4 - Sanita com separação de urina.....	80
I.5 - Urinol.....	82
RECOLHA E TRATAMENTO PRIMÁRIO	83
R.1 - Fossa seca simples.....	83
R.2 - Fossa seca VIP.....	85
R.3 - Fossa alterna	87
R.4 - Latrina ecológica	89
R.5 - Fossa séptica.....	91
R.6 - Micro fossa séptica 'Aquaprivy'.....	93
R.7 - Fossa dupla para descarga manual	95
R.8 - Digestor anaeróbico com produção de biogás	97
LIMPEZA E TRANSPORTE	99
T.1 - Equipamento Manual	99
T.2 - Equipamento motorizado.....	101
TRATAMENTO COMPLEMENTAR.....	102
D.1 - Leitos de secagem de lamas simples.....	102
D.2 - Leitos de secagem de lamas com macrófitas.....	104
D.3 - Co-Compostagem	106
D.4 - Trincheiras de Infiltração.....	108
D.5 - Poços de Infiltração	110
D.6 - Trincheiras filtrantes de areia.....	112
D.7 - Aterros filtrantes	114
D.8 - Plataforma de Evapotranspiração.....	115

D.9 - Leitões de Macrófitas	117
D.10 - Lagoas de estabilização	119
DESTINO FINAL	121
F.1 - Aterro.....	121
F.2 - Desativação	121
F.3 - Reutilização	122
F.4 - Descarga em massas de água	125
F.5 - Recarga de aquíferos.....	125
F.6 - Atmosfera	126
F.7 - Rega	126

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Distribuição típica da população nas cidades dos países em desenvolvimento.	1
Figura 1.2: Fatores relevantes para a implementação dos sistemas de saneamento em comunidades de baixo rendimento.....	2
Figura 3.1: Diagrama-F, os meios de transmissão de doenças relacionadas com contaminação fecal e barreiras protetoras. Adaptado de Wagner, et al., 1958.....	10
Figura 3.2: A escada do Saneamento. Adaptado de WHO/UNICEF, 2013)	11
Figura 3.3: Proporção da população que ainda pratica defecação a céu aberto 2011. Existem ainda 45 Países onde a cobertura de saneamento é inferior a 50%. Adaptado de WHO/UNICEF, 2013.	13
Figura 3.4: Objetivos de Desenvolvimento do Milénio. Fonte: UN.	13
Figura 3.5: Percentagem da população abaixo da linha de pobreza, população que possui menos de \$1,25 por dia. Fonte. The World Bank, 2013.....	20
Figura 4.1: Exemplo de localização do sistema de saneamento numa pequena povoação. I.S. privadas e zona de tratamento complementar em terrenos da comunidade.....	21
Figura 4.2: Testes do efeito da aplicação de urina no crescimento do milho. Aumento da quantidade de urina adicionada da direita para a esquerda, a primeira amostra não tem qualquer aditivo e a amostra mais à esquerda teve uma adição de 1750 ml de urina. Fonte: Peter Morgan.	24
Figura 4.3: Exemplo da apresentação das fichas de descrição.	27
Figura 4.4: Componentes de um sistema de saneamento considerados.....	28
Figura 4.5: Definição da aplicabilidade dos sistemas considerados.....	29
Figura 4.6: Opções de saneamento para sistemas a seco.	30
Figura 4.7: Opções de saneamento para sistemas de transição	31
Figura 4.8: Opções de saneamento para sistemas a água.....	32
Figura 4.9: Aspeto de uma I.S. em espiral construída com recurso a palha. Fonte: Morgan, 2011.....	33
Figura 4.10: Principais componentes de uma I.S. a seco de baixo custo. Adaptado de Wagner, et al., 1958.	34
Figura 4.11: Esquemática da planta de uma estrutura de uma I.S. em espiral. Adaptado de Morgan, 2011 e Franceys, et al., 1992.	34

Figura 4.12: Sequência para a construção de um recipiente para a lavagem de mãos. Na última imagem é apresentada uma sugestão de uma forma de manter o recipiente para a água e sabão para a lavagem das mãos após a defecação. Fonte: Morgan, 2011.....	35
Figura 5.1: Identificação do tipo de sistema a considerar para a povoação em estudo.	39
Figura 5.2: Definição da fase de Recolha e Tratamento Primário, dependendo das características físicas dos solos para sistemas a seco, A.....	43
Figura 5.3: Definição da fase de Tratamento Complementar, dependendo dos órgãos de recolha para sistemas a seco, A.....	45
Figura 5.4: Definição e confirmação do destino final para sistemas a seco, A.....	46
Figura 5.5: Definição da fase de Recolha e Tratamento Primário, dependendo das características físicas dos solos para sistemas de transição, B.....	49
Figura 5.6: Definição da fase de Transporte, dependendo da situação económica e tecnologia previamente definida para os sistemas de transição, B.	50
Figura 5.7: Definição da fase de Tratamento Complementar, dependendo dos órgãos de recolha e características físicas dos solos para sistemas de transição, B.....	53
Figura 5.8: Definição e confirmação do destino final da fase sólida para sistemas de transição, B.	54
Figura 5.9: Definição e confirmação do destino final da fase líquida para sistemas de transição, B.....	55
Figura 5.10: Definição da fase de Recolha e Tratamento Primário, dependendo das características físicas dos solos para sistemas a água, C.	60
Figura 5.11: Definição da fase de Transporte, dependendo da situação económica e tecnologia previamente definida para os sistemas a água, C.....	61
Figura 5.12: Definição da fase de Tratamento Complementar, dependendo dos órgãos de recolha e características físicas dos solos para sistemas a água, C.	62
Figura 5.13: Sequência de tratamento para as lagoas de estabilização.....	63
Figura 5.14: Definição e confirmação do destino final para sistemas a água, C.....	64

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 3.1 Metas definidas para o Objetivo 7. Fonte: UN, 2013).....	14
Tabela 3.2: Estatísticas de acesso ao saneamento nos PALOP (Adaptado de (WHO/UNICEF, 2013))	17
Tabela 4.1: Tipos de posições e materiais de limpeza perianal considerados	22
Tabela 4.2: Quantidade de Fezes e urina excretados diariamente por pessoa dependendo do tipo de dieta e clima. Adaptado de Franceys, et al., 1992.	22
Tabela 4.3: Taxa de acumulação de lamas (l/pessoa/ano). Adaptado de Franceys, et al., 1992.	23
Tabela 4.4: Volumes diários <i>per capita</i> de CBO e sólidos totais (TS) para diferentes tipos de lamas fecais. Fonte: Strauss, et al., 2004.	23
Tabela 4.5: Percentagem de nutrientes presentes na urina e nas fezes humanas. Adaptado de WASTE, 2006....	25

ÍNDICE DE FIGURAS NOS ANEXOS

Figura A.1: Esquematização de sanitas a seco. Laje de latrina à esquerda e vaso sanitário à direita. (Adaptado de Tilley , et al., 2008).....	75
Figura A.2: Esquematização da localização dos apoios de pés nas lajes de latrina. São também apresentadas Diferentes formas e dimensões de aberturas para defecação. Fonte: (Franceys, et al., 1992)	76
Figura A.3: Esquematização de sanitas de descarga manual. (Adaptado de Tilley , et al., 2008).....	77
Figura A.4: Dimensões aconselhadas para os sifões hidráulicos. Fonte: Franceys, et al., 1992)	78
Figura A.5: Esquematização de uma sanita com descarga automática. Adaptado de Tilley , et al., 2008.	79
Figura A.6: Esquematização de sanitas com separação de urina. Adaptado de Tilley , et al., 2008.	80
Figura A.7: Aspeto de uma sanita com separação de urina de baixo custo. Pode ser visto na parte frontal o tubo de saída da urina. Fonte (Morgan, 2007).	81
Figura A.8: Sanita com separação de urina pré-fabricada. Fonte: SuSanA.	81
Figura A.9: Bidões de recolha de urina armazenados. Fonte: SuSanA.	81
Figura A.10: Exemplos de urinóis de baixo custo. O modelo apresentado à esquerda é designado por ‘eco-lily’. (Fonte: SuSanA).....	82
Figura A.11: Esquematização de uma fossa seca simples. Adaptado de Tilley , et al., 2008.....	83
Figura A.12: Esquematização de uma fossa seca VIP. Adaptado de Tilley , et al., 2008.	85
Figura A.13: Pormenor de um tubo de ventilação protegido com uma rede para moscas. Fonte: Franceys, et al., 1992.	86
Figura A.14: Esquematização de uma <i>fossa alterna</i> e o seu funcionamento. Adaptado de Tilley , et al., 2008.	87
Figura A.15: Esquematização de uma latrina ecológica. Adaptado de Tilley , et al., 2008.	89
Figura A.16: Esquematização de uma fossa séptica. Adaptado de Tilley, et al., 2008).....	91
Figura A.17: Esquematização de uma I.S. com micro fossa séptica. Fonte: Franceys, et al., 1992.....	93
Figura A.18: Esquematização de uma fossa dupla para descarga manual. Adaptado de Tilley , et al., 2008.....	95
Figura A.19: Múltiplas disposições para a fossa dupla. Fonte: Franceys, et al., 1992.....	96
Figura A.20: Ligação de múltiplas I.S. a um único conjunto de fossas para descarga manual. Adaptado de Franceys, et al., 1992.	96
Figura A.21: Esquematização de um digestor anaeróbico com produção de biogás com cúpula fixa. Adaptado de Tilley , et al., 2008.	97
Figura A.22: Exemplos de remoção de lamas de fossas recorrendo a equipamento manual. À esquerda pode ser vista a ilustração da utilização do <i>Gulper</i> (fonte: WaterAid America), e à direita o sistema MAPET (fonte: SWWM).....	99
Figura A.23: Remoção manual do conteúdo de uma <i>fossa alterna</i> utilizando uma pá. Fontre: Peter Morgan.	100
Figura A.24: O Vacutug. Fonte: UN-HABITAT.	101
Figura A.25: Esquematização de um leito de secagem de lamas simples. Adaptado de Tilley , et al., 2008.....	102
Figura A.26: Secção transversal de um leito de secagem de lamas simples. Adaptado de Strauss, et al., 2004..	103
Figura A.27: Esquematização de um leito de secagem de lamas com macrófitas. Adaptado de Tilley , et al., 2008	104
Figura A.28: Esquematização do processo de co-compostagem. Adaptado de Tilley , et al., 2008.....	106

Figura A.29: Leiras de co-compostagem numa instalação piloto perto de Kumasi, Gana. Fonte: Hemkendreis, et al., 2008.	107
Figura A.30: Esquemática da utilização de trincheiras de infiltração precedidas por um órgão de tratamento primário. Adaptado de Tilley , et al., 2008.	108
Figura A.31: Planta e corte de um poço de infiltração. Fonte: Bartolomeu, 1996.	110
Figura A.32: Corte transversal de uma trincheira filtrante de areia.	112
Figura A.33: Corte transversal de um aterro filtrante.	114
Figura A.34: Esquemática de uma plataforma de evaporação.	115
Figura A.35: Esquemática de um leito de macrófitas com fluxo horizontal sub-superficial horizontal. Adaptado de Tilley , et al., 2008.	117
Figura A.36: corte transversal da de um leito de macrófitas	118
Figura A.37: Esquemática dos diferentes tipos de lagoas de estabilização. Adaptado de Tilley , et al., 2008.	119
Figura A.38: Limoeiro plantado sobre uma <i>Arborloo</i> . Fonte: SUSANA.	121
Figura A.39: Aplicação de urina em campos agrícolas. Fonte: SUSANA.	122
Figura A.40: à Esquerda Composto retirado de uma fossa. comprova-se o aspeto tipo húmus. Fonte: (Morgan, 2007). à direita apresentam-se fezes secas dentro da câmara de desidratação. Fonte: SUSANA.	123
Figura A.41: Esquema do método de descarga de efluente tratado em massas de água. Fonte: Tilley , et al., 2008.	125
Figura A.42: Aspeto de uma trincheira de infiltração.	125
Figura A.43: Esquemática de um sistema de rega gota-a-gota. Fonte: Tilley , et al., 2008.	126

ÍNDICE DE TABELAS NOS ANEXOS

Tabela A.1: Dimensionamento da trincheira de infiltração de acordo com as propriedades de permeabilidade do solo (Bartolomeu, 1996).	109
Tabela A.2: Altura útil do poço absorvente em função da velocidade de percolação (Morais, 1962; Bartolomeu, 1996).	111
Tabela A.3: Dimensões de plataformas de evapotranspiração dependendo da população.	116
Tabela A.4: Diretrizes recomendadas para o tipo de armazenamento de urina (pura ou misturada) baseada na estimativa de conteúdo patogénico. Adaptado de (WHO, 2006).	123

GLOSSÁRIO

Água Cinzenta – É a proveniente da lavagem de comida, roupa, louça e banhos. Poderá conter excreta residual logo também é suscetível de conter microrganismos.

Água Negra – É a mistura de urina, fezes, água de descarga e de limpeza anal e/ou material de limpeza anal. Nesta água estão presentes patogénios, naturalmente, existentes nas fezes e os nutrientes da urina.

Ancilostomíase – É uma parasitose com especial prevalência em zonas quentes e húmidas com solo arenoso. Causam lesões cutâneas, pulmonares e lesões na mucosa intestinal, podendo causar anemia.

Biogás – é o nome comum para a mistura de gases produzida durante a digestão anaeróbia de lamas. A constituição típica do biogás de 50-75% de metano, 25-50% de dióxido de carbono e quantidades variáveis de azoto, hidrogénio, sulfuretos, água e outros componentes.

Capitação - É o consumo de água por habitante e por dia.

CBO₅ – Carência Biológica de Oxigénio. É a quantidade de oxigénio dissolvido consumido na oxidação da matéria orgânica a 20°C e durante 5 dias. É um indicador da qualidade da água.

Cólera - É uma infeção intestinal provocada pela bactéria *vibrio cholerae*. Os sintomas principais são os vómitos e a diarreia. A sua transmissão é feita através da água contaminada com matéria fecal de uma pessoa contaminada.

Composto – É uma substância com aspeto semelhante à terra que resulta da decomposição de matéria orgânica. Geralmente este material foi suficientemente higienizado e poderá ser usado na agricultura sem riscos para a saúde pública. É um material que contém uma grande quantidade de nutrientes e matéria orgânica.

Dengue – É uma doença infecciosa transmitida pela picada de mosquito. Os sintomas são febre, dores de cabeça, dores musculares e nas articulações e irritações cutâneas.

Diarreia – A diarreia é normalmente um sintoma de uma infeção no trato intestinal, o que pode ser causado por uma variedade de organismos bacterianos, virais e parasitárias. A infeção é transmitida através de alimentos contaminados ou água contaminada, ou de pessoa para pessoa, como resultado da falta de higiene. É definida como a passagem de três ou mais fezes soltas ou líquidas por dia, ou um número superior ao normal para o indivíduo.

Eutrofização – É o fenómeno causado pelo excesso de nutrientes (compostos químicos ricos em fósforo ou azoto) numa massa de água, provocando um aumento excessivo de algas.

Excreta - É a mistura de urina e fezes que não é misturada com água de descarga. Não representa um grande volume mas tem uma elevada concentração de microrganismos.

Helminas - São vermes parasita que causam uma grande variedade de doenças infecciosas, algumas das quais envolvem o sistema músculo-esquelético.

Hospedeiro – É o organismo que alberga um parasita. O hospedeiro serve de abrigo ao parasita. O parasita também é alimentado pelo hospedeiro.

Húmus - É a matéria orgânica depositada no solo, resultante da decomposição de animais e plantas mortas, ou de seus subprodutos.

Lamas fecais – É a designação genérica para a matéria parcialmente decomposta que resulta do armazenamento de água negra ou excreta. A sua composição é muito variável pois depende do tempo de armazenamento, localização e quantidade de água.

Malária - é a doença infecciosa mais comum causada por parasitas. Os seus sintomas são febre, calafrios repetitivos, sudorese intensa, dor de cabeça, dores musculares, cansaço, náuseas, vômitos, diarreia intensa, anemia e icterícia (pele amarelada) mas também em casos mais graves convulsões, coma, anemia aguda e insuficiência renal.

Periurbano – Zona periférica de uma cidade.

LISTA DE ACRÓNIMOS

BORDA – Bremen Overseas Research and Development Association (Associação de Investigação e Desenvolvimento de Bremen)

DEWATS – Decentralized Wastewater Treatment (Tratamento descentralizado de águas residuais)

EAWAG - Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Instituto Federal Suíço de Ciência e Tecnologia Aquática)

HCES – Household Centered Environmental Sanitation

IMF/FMI – International Monetary Fund/Fundo Monetário Internacional

ISSO – International Standards Organization (Associação Internacional de Normalização)

JMP – Joint Monitoring Program (Programa de Monitorização Conjunta)

ODM – Objetivos do Milénio

PNSBC - Plano Nacional para o Saneamento de Baixo Custo (de Moçambique)

UESS – Serviços de Saneamento Ambiental Urbano (Urban Environmental Sanitation Services)

UN/ONU – United Nations/Organização das Nações Unidas

UNDP – United Nations Development Programme (Programa de desenvolvimento das Nações Unidas)

UNICEF – United Nations Children’s Fund (Fundo das Nações Unidas para as Crianças)

WHO/OMS – World Health Organization/ Organização mundial de saúde

WSP – Water and Sanitation Programme (Programa para a água e saneamento)

VIH/SIDA – Virus da imunodeficiência humana/Síndrome da imunodeficiência humana adquirida

PALOP – Países Africanos de Língua Oficial Portuguesa

ONG – Organização Não Governamental

O&M – Operação e Manutenção.

I.S. – Instalação Sanitária

SuSanA – Sustainable Sanitation Alliance (Aliança para o Saneamento Sustentável)

I. INTRODUÇÃO

I.1. ASPETOS GERAIS

O saneamento de baixo custo é um tema pertinente na atualidade, devido ao elevado crescimento populacional observado nos países em desenvolvimento. Assim, o número de pessoas sem acesso a instalações sanitárias (I.S.) condignas é crescente. Apesar de existir extensa literatura sobre esta temática, as obras disponíveis em língua portuguesa são escassas e muitas encontram-se desatualizadas. A informação presente neste documento deve-se a uma extensa pesquisa e recolha da informação mais recente no âmbito desta temática.

Este trabalho pretende ser um contributo para um guia de apoio à conceção de sistemas locais de saneamento de baixo custo para países em desenvolvimento, em particular para os Países Africanos de Língua Oficial Portuguesa (PALOP). Os sistemas locais de saneamento necessitam de uma área considerável para a sua implantação pelo que este guia será aplicável a pequenas povoações, até 250 habitantes, num contexto periurbano disperso e/ou rural, com uma densidade populacional, de referência, máxima de 200 hab/ha.

Na Figura I.1 apresenta-se a constituição esquemática de uma cidade-tipo de países em desenvolvimento com as suas três zonas: (i) *cidade de cimento*, (ii) periurbano denso e (ii) periurbano disperso, fora dos limites da urbe e (iv) zona rural.

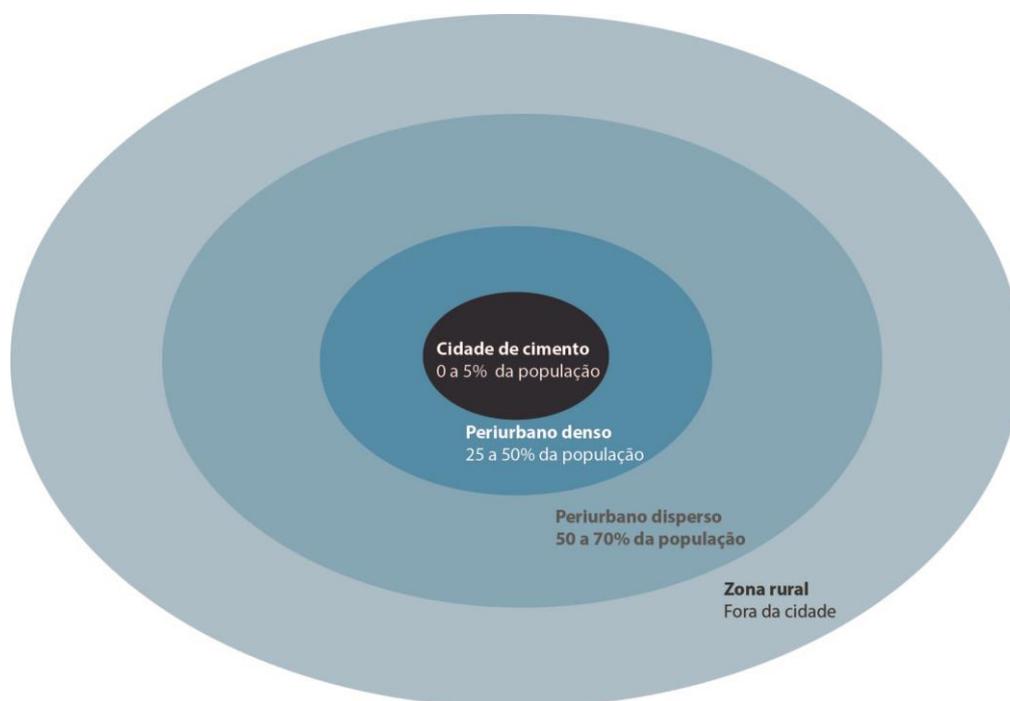


Figura I.1: Distribuição típica da população nas cidades dos países em desenvolvimento.

O centro da cidade (i), conhecida como *cidade de cimento*, dispõe, em regra, de algum tipo de infraestruturas de saneamento, nesta zona as construções têm um cariz permanente. Esta zona terá uma percentagem muito reduzida da população total da cidade. À medida que se afasta do centro da cidade, as construções adquirem maior precariedade, com infraestruturas escassas, entra-se no cenário periurbano. O periurbano denso (ii), caracterizado por uma elevada densidade populacional poderá comportar até metade da população da cidade. Mais distanciado ainda, do centro da cidade, encontra-se o periurbano disperso, as construções serão igualmente precárias mas de densidade menor. Finalmente, já fora do limite urbano, a zona rural (iv) é caracterizada por uma elevada dispersão populacional muitas vezes sem distribuição domiciliária de água nem de qualquer estrutura de saneamento. O enfoque deste trabalho será nestes dois últimos cenários, periurbano disperso e zona rural.

1.2. OBJETIVOS

Este trabalho tem como intuito servir de guia de apoio à decisão dos órgãos competentes (autoridades locais, departamentos técnicos e outras partes interessadas como organizações não-governamentais (ONG)). Para a elaboração técnica de sistemas de saneamento locais de baixo custo para pequenas comunidades. A intenção é que a sua utilização seja fácil e que auxilie a melhoria das condições de vida das comunidades, especificamente comunidades de baixo rendimento.

A metodologia proposta e a linguagem utilizada tentam ter em conta a audiência abrangente deste tema para que, sem perder rigor, se torne acessível para todos os tipos de leitores.



Figura 1.2: Fatores relevantes para a implementação dos sistemas de saneamento em comunidades de baixo rendimento.

A implementação deste tipo de sistema de saneamento é um assunto interdisciplinar e muito complexo, este guia não tem como objetivo abordar todas as vertentes do sistema. Na Figura 1.2 estão representados os fatores necessários para que estas intervenções sejam bem-sucedidas. A solução técnica por si só não garante o sucesso e a adesão das populações a um novo modo de vida. Para um programa de implementação de saneamento são necessárias, naturalmente, intervenções de sensibilização e educação da população para que seja compreendida a grande importância do saneamento para a sua qualidade de vida. Deverá ser criada capacidade técnica para a construção do sistema, mas especialmente para a sua manutenção. Deve-se garantir que a população está disposta a custear o sistema e a sua manutenção, embora frequentemente possam existir apoios institucionais para a construção (Black & Fawcett, 2008; Franceys, et al., 1992).

1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO

Para além da introdução, este trabalho encontra-se dividido em mais cinco capítulos. Em anexo apresenta-se um conjunto de fichas de descrições técnicas das tecnologias mencionadas ao longo do texto.

No **segundo capítulo** *Estado da arte* é apresentado um levantamento das publicações mais relevantes neste âmbito.

No **terceiro capítulo** *Saneamento e objetivos do milénio – Situação nos PALOP* é explicada a importância do saneamento nos países em desenvolvimento e a sua importância para a saúde pública. É feita uma descrição das políticas internacionais atuais, com especial ênfase nos Objetivos do Milénio (ODM) e políticas prévias relacionadas com o tema. É ainda referido o papel fulcral que o saneamento tem nas sociedades, em especial para a igualdade de género. O último ponto abordado neste capítulo é a descrição do saneamento nos PALOP.

O **quarto capítulo** pretende fazer uma apresentação dos diferentes tipos de sistemas de saneamento local, antecedida por uma descrição dos pormenores que influenciam o dimensionamento dos sistemas de saneamento. São também explicadas as razões que justificam e tornam altamente recomendável a reutilização dos nutrientes presentes na excreta.

No **quinto capítulo** é apresentado o sistema de apoio à decisão. Primeiramente o sistema encaminha o leitor para o tipo de sistema mais apropriado para o caso em estudo. Seguidamente é apresentada uma sequência de fluxogramas para cada sistema, onde se pretende auxiliar a definição do sistema de saneamento na sua totalidade.

No **sexto capítulo** são apresentadas algumas conclusões e feitas sugestões para trabalhos futuros.

Nos **anexos** reúnem-se um conjunto de fichas descritivas de tecnologias constituintes dos sistemas de saneamento apresentados neste trabalho. Estas fichas têm como propósito facilitar a compreensão da constituição e funcionamento e de cada uma destas tecnologias.

2. ESTADO DA ARTE

A maioria dos estudos existentes na área do saneamento de baixo custo são publicações dos diversos organismos pertencentes à Organização das Nações Unidas (ONU) como a Organização Mundial de Saúde (OMS), o Fundo para a Criança da ONU (UNICEF) ou o Programa da ONU para o Desenvolvimento (UNDP). Estas publicações são a prova que a comunidade internacional está unida nos esforços de melhorias das condições de vida das populações mais desfavorecidas.

A preocupação com os sistemas de saneamento para comunidades rurais ou pequenos aglomerados é antiga e a grande maioria das técnicas de saneamento utilizadas já são conhecidas e implementadas há dezenas de anos. Em termos tecnológicos esta é uma temática que teve uma evolução lenta e por vezes pouco significativa. Uma das mais importantes publicações neste âmbito foi a de WAGNER e LANOIX em 1958, pela OMS. Nesta monografia são tratadas as problemáticas do saneamento para comunidades de pequenas dimensões, estes problemas são distintos dos que se encontram para as grandes cidades. Para além da descrição dos vários tipos de sistemas que podem ser utilizados nestas comunidades esta publicação contém informação bastante relevante sobre algumas das técnicas que devem ser usadas para a implementação deste tipo de sistemas. Por exemplo, a implementação e a integração das populações nas decisões é um ponto incontornável, de outra forma estes sistemas correm o risco de não ser corretamente utilizados e rapidamente abandonados pelas populações. Deste modo o trabalho de WAGNER e LANOIX, *Excreta Disposal Methods for Rural Areas and Small Communities* é um marco neste campo de estudos.

Em *Excreta Disposal Methods for Rural Areas and Small Communities* são descritos vários tipos de tecnologias de sistemas a seco e sistemas a água. É dado um grande ênfase à latrina com fossa seca e às suas variações, é ainda feita menção a latrinas com compostagem e outros métodos cuja adequabilidade já não é compatível com os pressupostos de saúde pública atuais tais como a latrina com furo seco ou a latrina suspensa. Em relação a sistemas que incorporam água no seu funcionamento é referida a micro fossa séptica 'aquaprivy', as latrinas com sifão hidráulico e as fossas sépticas. Esta publicação da OMS é rica em imagens e detalhes sobre o dimensionamento e métodos construtivos das várias tecnologias e as suas variações. Esta publicação é a base de vários outros estudos mais recentes.

Na língua portuguesa existe também o trabalho de MORAIS (1962) que apresenta orientações para a conceção de instalações de depuração dos esgotos domésticos para pequenos aglomerados habitacionais no território português. Neste manual existe informação muito relevante sobre métodos construtivos e valores indicativos para o dimensionamento de fossas sépticas e métodos de infiltração do efluente proveniente deste órgão.

As publicações de FARIA, et al. (1983) e de MEGRE (1982), são complementares entre si e baseiam-se na obra de WAGNER e LANOIX (1958). Em FARIA, et al. (1983) é acrescentada alguma informação em termos de tecnologias passíveis de ser usadas neste contexto, por exemplo o digestor de biogás. Os sistemas de saneamento são definidos aqui como um conjunto de estruturas que têm como propósito a deposição e recolha da excreta humana em condições que não ponham a saúde pública nem o meio ambiente em risco. Por forma a tornar os sistemas de facto completos deve também ser previsto tratamento e, quando necessário, transporte dos dejetos por forma a tornar o seu uso no destino final de forma segura. Os sistemas de saneamento são

divididos em quatro níveis de serviço que dependem da utilização ou não de água para o funcionamento dos sistemas e as entidades a quem está incumbida a responsabilidade do tratamento dos resíduos, o tratamento pode ser individual ou coletivo. Nesta publicação são ainda apresentadas as redes de esgoto de águas residuais comunitárias que já estão fora do âmbito do presente estudo pois os sistemas em que se enquadram já não podem ser considerados sistemas locais.

Assim, em MEGRE (1982) são apresentadas as operações e processos de tratamento nos sistemas de evacuação com deposição a água e com tratamento comunitário. Aqui, para além da fossa séptica, é apresentado o tanque Imhoff como sendo um órgão de tratamento com decantação e digestão conjuntas, e ambas estas tecnologias são descritas de uma forma bastante aprofundada e são sugeridas fórmulas para o seu dimensionamento tendo em conta os valores próprios para cada caso de estudo, capitação e número de habitantes.

Neste documento são referidas também os órgãos de tratamento por filtração, infiltração, absorção atmosférica e tratamento biológico. Todavia nem todas destas tecnologias são relevantes para os sistemas que estão a ser estudados no presente trabalho, nomeadamente os leitos percoladores, discos biológicos, lamas ativadas ou sistemas compactos não se enquadram em sistemas de baixo custo e baixa tecnologia. Existe ainda mais recente a dissertação de BARTOLOMEU (1996) que reúne as tecnologias de tratamento de águas residuais apropriadas para populações até 5000 habitantes. Este estudo torna-se relevante para obter uma abordagem mais recente das tecnologias previamente mencionadas. São incluídos mapas de trabalho que permitem fazer uma estimativa dos custos de construção das tecnologias

A ONU declarou a década de '80 a Década Internacional da Água para Consumo e Saneamento, sendo que pela primeira vez foram unidos esforços para melhorar o cenário global em relação ao saneamento. Os resultados desta campanha ficaram muito aquém do esperado e tornaram mais clara a grande dimensão da tarefa. Neste contexto, a OMS lançou um novo livro que tinha como objetivo ser uma atualização do trabalho de WAGNER e LANOIX (1958). Esta publicação de FRANCEYS, et al (1992) tem um foco essencial no saneamento local, ou seja, instalações sanitárias existentes dentro da propriedade dos donos.

O guia de FRANCEYS, et al (1992) apresenta os melhoramentos e refinamentos das tecnologias já tão largamente conhecidas e utilizadas por todo o mundo. No entanto a ênfase é posta nos aspetos socioeconómicos relacionados com o planeamento e implementação das melhorias nas condições de acesso ao saneamento. Para além de uma extensa descrição das técnicas referidas em WAGNER e LANOIX são também expostas as técnicas de desenvolvimento de projetos para sistemas de saneamento locais. Estes autores expressam uma grande preocupação com o respeito da cultura e costumes das populações que estão a ser alvo de intervenção, estes fatores são cruciais para o sucesso de qualquer programa de saneamento. A cooperação das populações e autoridades locais deve ser sempre incluída nos processos de decisão e desenvolvimento dos programas de apoio às populações.

No entanto, não será possível falar de cooperação com as populações e desenvolvimento de métodos de saneamento de baixo custo sem referir o trabalho de Peter Morgan. Este tem sido considerado um dos maiores pioneiros do saneamento em países em desenvolvimento das últimas décadas. Foi Morgan quem, na década de '70, desenvolveu a fossa VIP, então conhecida como *Blair Ventilated Improved Pit Latrine*, tendo sido

batizada com o nome do Instituto de Investigação Blair, atualmente Instituto Nacional de Saúde Pública do Zimbabué (Black & Fawcett, 2008). Acredita-se que o grande desenvolvimento do Zimbabué em relação ao saneamento para populações mais desfavorecidas deve-se, em grande parte, ao trabalho de Morgan. Peter Morgan criou diversas publicações que auxiliam a construção de I.S. condignas e de baixo custo. O seu trabalho passa também pela educação das comunidades e apresenta muitas indicações para a reutilização de nutrientes recuperados dos sistemas de saneamento de uma forma segura. Em 2013 Peter Morgan recebeu o Prémio da Água de Estocolmo, pelo seu trabalho das últimas quatro décadas.

O trabalho de Morgan torna claro que o assunto do reaproveitamento de nutrientes na agricultura é um tópico delicado. Por um lado existem muitas culturas que consideram este tipo de matéria indigna: existem várias crenças religiosas ou superstições em torno da utilização dos dejetos humanos. Por outro lado esta reutilização poderá ter graves consequências para a saúde pública se não for feita tendo em conta uma série de pressupostos de eliminação patogénica e segurança. Assim, a OMS produziu diretrizes para a utilização destes materiais no contexto da produção doméstica de excreta e água cinzenta e a sua utilização como fertilizantes ou rega; *Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater*. Estas diretrizes foram publicadas em 2006, são apresentadas como atualizações de publicações anteriores produzidas pela mesma instituição e abordam uma miríade de aspetos relacionados com este reaproveitamento, desde a avaliação do risco para a saúde, medidas de proteção da saúde, monitorização e avaliação do sistema a aspetos sociais, ambientais, financeiros e económicos. Também são cruciais os aspetos políticos e métodos de implementação e planeamento, estes dois tópicos são os temas que encerram este volume.

Nesta publicação são enumerados os vários tipos de patogénios presentes tanto nas fezes e urina como nas águas cinzentas, quais são os seus sintomas e importância no contexto dos países em desenvolvimento. Dentro das medidas de proteção da saúde são analisados os sistemas de saneamento locais e a sua eficiência em eliminar os microrganismos presentes na excreta. São também sugeridos certos métodos de operação das I.S. por forma a otimizar o tratamento garantido por estes órgãos. Neste livro são apresentadas as tecnologias de acesso ao saneamento e órgãos de tratamento de efluente de fossas sépticas ou infiltração de águas cinzentas e é feita a sua análise em relação à remoção de microrganismos.

Existem outras instituições que têm dado grandes contributos para a disseminação do conhecimento dos sistemas de saneamento de baixa tecnologia, a EAWAG publicou a obra TILLEY , et al (2008) que compila as várias opções tecnológicas para a constituição de saneamento. Este compêndio surge no contexto da abordagem do planeamento de acordo com o *Household Centred Environmental Sanitation* (HCES- Saneamento Ambiental Centrado No Âmbito Doméstico). O HCES é um processo de planeamento que vai desde o pedido de assistência até à implementação do sistema de saneamento. O processo é constituído por 10 passos e define as especificidades sociais, culturais, económicas, de saúde e ambientais de acordo com as prioridades da comunidade. O resultado final deste processo é a criação de um plano de Serviços de Saneamento Ambiental Urbano (UESS).

A obra de TILLEY , et al. (2008) tem como intenção auxiliar na escolha das tecnologias a ser utilizadas no UESS, deste modo abrange uma grande variedade de tecnologias sendo que uma parte significativa não entra no contexto do presente estudo, em termos de aplicabilidade (i.e. populações inferiores a 250 habitantes). Este

compêndio divide os vários tipos de sistemas existentes em oito categorias com complexidade crescente que vão desde o sistema de fossa simples até aos sistemas com tratamento semi-centralizado ou sistemas de esgotos com separação de urina. Após a descrição dos vários sistemas é apresentada uma descrição bastante completa das características de cada uma das tecnologias mencionadas. Esta caracterização inclui as condições de aplicabilidade, aspetos de saúde e aceitação por parte das comunidades e especificidades relacionadas com a manutenção de cada uma das tecnologias. Esta publicação é essencial para uma boa compreensão da grande diversidade de opções de tratamento existentes.

Relacionado com métodos de escolha das tecnologias mais apropriadas para sistemas de saneamento em países em desenvolvimento existe também o guia de MONVOIS, et al.(2010), que tem como intuito guiar os interessados na implementação de tecnologias de saneamento, em particular para localidades da África subsariana. São considerados três tipos de sistemas de saneamento: os sistemas locais, sistemas de esgotos simplificados (esgotos com simplificações da sua constituição, nomeadamente canalização de menor diâmetro e localizadas a menor profundidade o que reduz os custos de investimento e manutenção inferiores associados) e sistemas de esgotos convencionais (sistemas que são mais comuns nos países desenvolvidos). Este guia divide as tecnologias existentes em três categorias diferentes: órgão que dão acesso ao sistema de saneamento no ambiente doméstico, tecnologias para a remoção das águas residuais e órgãos de tratamento final. Para além de um guia passo-a-passo para a seleção do tipo de solução técnica mais adequada para cada caso de estudo, este livro também apresenta fichas descritivas das diferentes tecnologias com alguns pormenores de dimensionamento e manutenção mas também fornece uma boa base de referências bibliográficas para um conhecimento mais aprofundado de cada uma das tecnologias mencionadas.

Deste modo, TILLEY , et al. (2008) e MONVOIS, et al. (2010) são das publicações mais recentes e mais completas relacionadas com tecnologias e opções de sistemas de saneamento para o contexto de países em desenvolvimento.

Atualmente encontra-se em preparação uma norma internacional pela International Standard Organization (ISO). Esta norma pretende apresentar diretrizes para a gestão local de água residual doméstica do ponto de vista do operador e do utilizador e para o seu treino e educação. Também incluem conselhos para o dimensionamento e construção de sistemas básicos de tratamento de águas residuais locais. Esta norma internacional aplica-se no âmbito de sistemas públicos ou privados.

Finalmente, é pertinente referir uma publicação de carácter mais geral que é muito útil para perceber a importância desta temática *The Last Taboo: opening the door on the global sanitation crisis* é um livro da autoria de BLACK e FAWCETT (2008) que descreve de uma maneira bastante geral a situação mundial do saneamento.

3. SANEAMENTO E OBJETIVOS DO MILÉNIO - SITUAÇÃO NOS PALOP

3.1. ASPETOS GERAIS

A Organização Mundial de Saúde define saneamento como o fornecimento de instalações e serviços para a eliminação segura de urina, fezes humanas e outras águas residuais da comunidade de forma a garantir a manutenção de condições higiénicas (WHO, 2013).

Nos países desenvolvidos o tratamento das águas residuais tem como objetivo primordial a remoção de todos os poluentes (patogénios, químicos orgânicos e inorgânicos) que possam afetar, de alguma forma o ambiente. Nos países em desenvolvimento o objetivo principal é ainda a proteção da saúde pública. O saneamento tem como objetivo reduzir a propagação de doenças relacionadas com a água e reduzir a eutrofização das massas de água através do tratamento dos desperdícios humanos e da correta manipulação de alimentos e águas para consumo humano (Kivaisi, 2001).

Atualmente assiste-se a uma luta contra a crise do saneamento no mundo. Estima-se que cerca de um terço da população mundial não tenha acesso a saneamento condigno, o chamado saneamento melhorado. O conceito de saneamento melhorado será discutido em 3.3 mas não é mais do que uma *casa de banho* por família que garanta a segurança e conforto do seu utilizador.

No século XIX, à revolução industrial, seguiu-se a revolução sanitária. Desde então a remoção dos desperdícios orgânicos está associada e geralmente dependente, do abastecimento de água (Black & Fawcett, 2008). Atualmente, este modelo de funcionamento é dificilmente aplicável a zonas pouco industrializadas, com baixos rendimentos. É necessário garantir alternativas às populações mais desfavorecidas e vulneráveis. Nessas zonas o acesso à água é difícil e os recursos financeiros escassos.

Para uma grande parte das pessoas que vivem em cidades ou vilas de países em desenvolvimento, cerca de 2,6 mil milhões de pessoas (SIWI, 2005), não existe qualquer relação entre o abastecimento de água e as soluções de I.S. existentes, não só põem em causa a dignidade a que todos os seres humanos têm direito bem como a saúde da comunidade. Nestes casos o conceito de *casa de banho* altera-se: existirão I.S. imundas, uma amenidade existente no bairro, por vezes um qualquer reservatório ou até mesmo um saco de plástico poderá ser a solução possível. Só se poderá assegurar a saúde pública quando toda a comunidade se encontrar livre de excreta. Assim o saneamento tem de abranger a totalidade das populações (Black & Fawcett, 2008).

É preciso compreender e admitir que o modelo de saneamento dos países desenvolvidos está associado a grandes desperdícios de água e é dificilmente sustentável. Pelo que não é, nem será num futuro previsível, uma alternativa para os países em desenvolvimento. Não existem meios humanos, técnicos, nem tão pouco disponibilidade financeira, para esgotos e estações de tratamento convencionais para estas realidades (Black & Fawcett, 2008).

3.2. O SANEAMENTO COMO BARREIRA À DISSEMINAÇÃO DE DOENÇAS

O saneamento é a primeira barreira que existe entre os microrganismos patogénicos e as pessoas, juntamente com cuidados de segurança alimentar e água potável, é o principal motor para a melhoria da saúde pública (Wagner & Lanoix, 1958).

A forma de contaminação mais comum é a via fecal-oral, em que os agentes patogénicos presentes nas fezes são transportados até à cavidade oral do novo hospedeiro. Este facto é explicado no diagrama apresentado na Figura 3.1 foi introduzido por WAGNER e LANOIX. Desde então tornou-se uma importante ferramenta para representar o encadeamento de eventos que ocorrem na transmissão de doenças.

Os métodos mais comuns de contaminação são:

- Certos alimentos são manuseados por algum agente que tem matéria fecal nas suas mãos;
- Falta de saneamento, ou saneamento deficiente, faz com que vetores de transmissão como moscas, baratas ou roedores entrem em contacto com fezes;
- A água para consumo entra em contacto com matéria fecal e é consumida antes de ser devidamente tratada;
- Manuseamento de qualquer objeto que tenha entrado em contacto com fezes sem limpeza ou tratamento subsequentes.

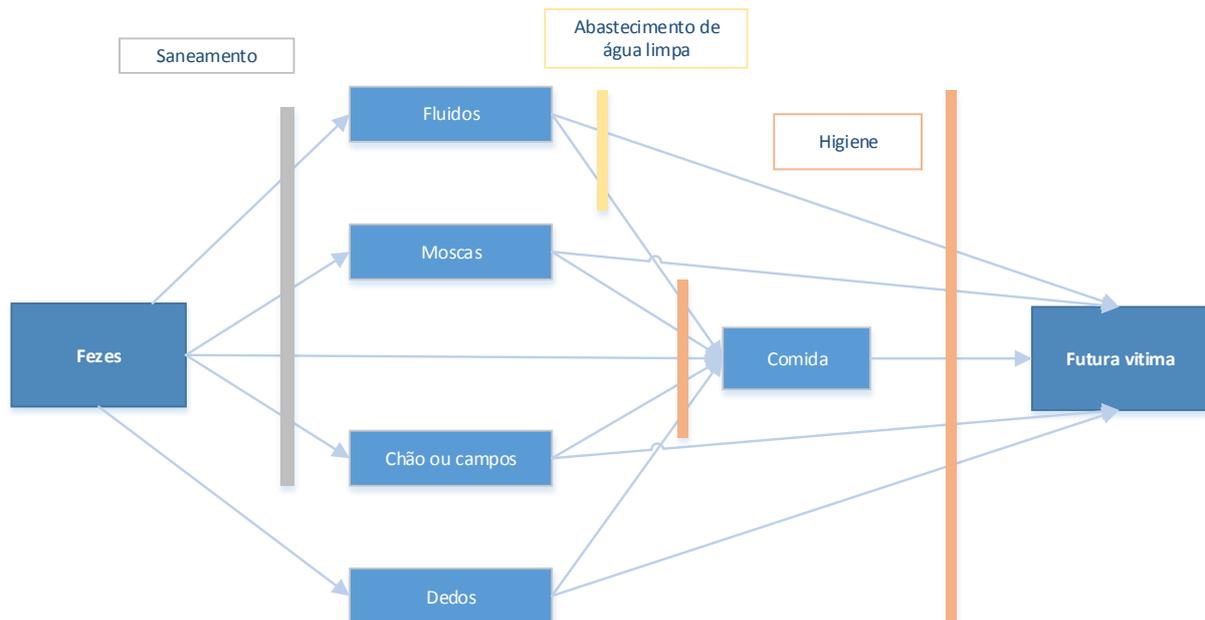


Figura 3.1: Diagrama-F, os meios de transmissão de doenças relacionadas com contaminação fecal e barreiras protetoras. Adaptado de Wagner, et al., 1958.

Embora exista sempre uma combinação de todas as formas de transmissão dos patogénios, a importância dos diferentes modos de infeção varia consoante os diferentes locais do mundo; em certas zonas os principais veículos poderão ser alimentos e água, noutras os insetos poderão ter o papel preponderante na disseminação das doenças. Pode ainda haver situações em que a transmissão por contacto é a mais relevante.

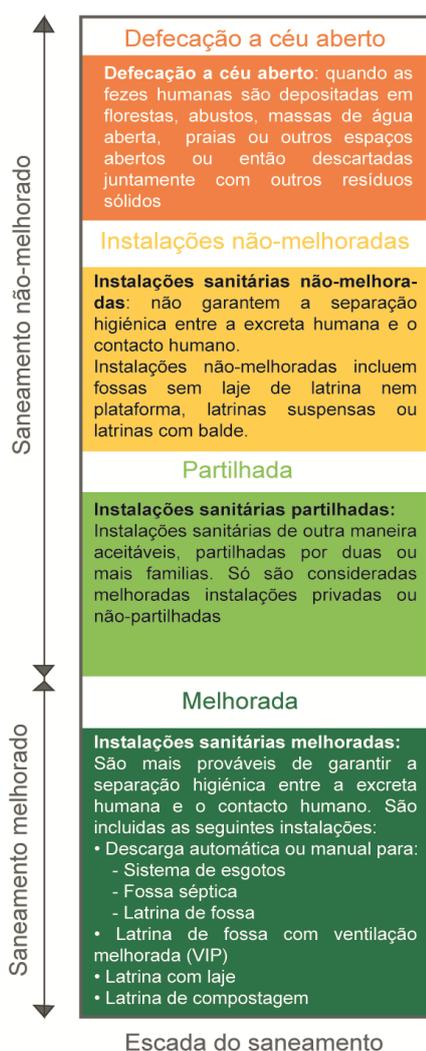


Figura 3.2: A escada do Saneamento. Adaptado de WHO/UNICEF, 2013.

No entanto, como é visível no diagrama da Figura 3.1, o saneamento é a primeira barreira na transmissão dos patogénios até ao novo hospedeiro; os dejetos humanos ficam isolados de todos os meios de propagação de doenças. Isto faz com que um sistema de saneamento eficiente seja a melhor forma de proteger a saúde pública. Recentemente, o saneamento foi considerado a maior conquista médica desde 1840, ultrapassando mesmo a vacinação e antibióticos. Este foi o resultado do inquérito promovido e publicado pelo *British Medical Journal* (Boseley, 2007).

No mesmo diagrama é possível perceber que mesmo o fornecimento de água potável aparece como barreira após o saneamento e não exclui uma grande parte das possíveis vias de contaminação. Claro que será sempre necessário fazer uma combinação das várias barreiras à transmissão dos agentes patogénios para reduzir ao mínimo a possibilidade de infeção.

O problema das doenças transmitidas pela matéria fecal poderá ser considerado cíclico e torna-se mais relevante nos países em desenvolvimento. A carga patogénica presente nas fezes é sempre superior nos locais onde existe maior prevalência deste tipo de patologias. Ou seja, os números de patogénios presentes no sistema de saneamento é diretamente proporcional ao número de infeções influenciando o risco de contaminação (Stenström, et al., 2011). Assim, a implementação de um sistema de saneamento deve ser sempre acompanhada da aquisição de hábitos de higiene básicos como a lavagem das mãos. O simples ato de lavar as mãos reduz em 44% a morbidade das doenças diarreicas (UNICEF, 2009) que, por si só, são responsáveis pela morte de cerca de 760 000 crianças com idade inferior a 5 anos/ano (WHO, 2013).

3.3. A ESCADA DO SANEAMENTO E O SANEAMENTO MELHORADO

A escada do saneamento, Figura 3.2, é uma ferramenta adotada pelo Programa de Monitorização Conjunto (JMP) da ONU e da UNICEF de forma a definir o saneamento melhorado considerado nos ODM. Esta escada é composta por quatro degraus que permitem uma análise desagregada das tendências existentes para o saneamento. Nos ODM o saneamento só é considerado melhorado caso existam latrinas simples, com ventilação melhorada (VIP) ou com compostagem, ligação à rede pública de esgotos ou fossa séptica. Instalações sanitárias públicas, latrinas com balde ou latrinas sem lajes são consideradas como não melhoradas. Na base da escada está a completa ausência de algo que se assemelhe a um sistema de saneamento ou I.S., a defecação a céu aberto (WHO/UNICEF, 2013).

Esta ferramenta traduz uma abordagem baseada nas tecnologias existentes, está pensada de forma a demonstrar como é possível “subir os degraus” do saneamento em direção a instalações cada vez mais

avançadas. Esta progressão implica maior disponibilidade financeira e melhores conhecimentos técnicos (Kvarnström, et al., 2011).

No entanto esta abordagem tem sido criticada pois não engloba fatores como a qualidade, segurança e sustentabilidade do saneamento. Por exemplo, um sistema que não seja usado ou mantido corretamente não deixará de implicar risco para a saúde pública e pôr em causa a sua sustentabilidade. A escada do saneamento baseia-se em tecnologias existentes em vez de considerar os serviços que o sistema de saneamento garante às populações. Assim, tem sido sugerido que na escada do saneamento também poderiam ser incluídos indicadores de como as I.S. se situam em termos de práticas de higiene, em especial a lavagem de mãos após a defecação.

Uma outra consequência da utilização desta ferramenta é o facto de poder vir a funcionar como travão para a elaboração de soluções mais criativas. A Escada do Saneamento torna-se pouco flexível na adoção de variações e novas tecnologias. Isto é, instituições que estejam a promover o saneamento melhorado em certas comunidades encontram-se limitadas às tecnologias prescritas e certos melhoramentos não são permitidos ou não serão considerados em futuras estatísticas de desenvolvimento (Kvarnström, et al., 2011) o que acaba por limitar a disponibilidade de financiamento para investigação e desenvolvimento (IeD) nesta área.

3.4. POLÍTICA INTERNACIONAL E O SANEAMENTO

Nas últimas décadas tem-se testemunhado uma crescente preocupação da comunidade internacional com a temática da água e saneamento. Em 1977 ocorreu a *Conferência da Água* em Mar del Plata, desta conferência resultou a Década Internacional do Abastecimento de Água para Consumo e Saneamento, 1981-1990. Esta iniciativa tinha como objetivo criar um aumento significativo dos níveis de abastecimento de água e saneamento para as comunidades dos Estados Membros. Se possível, garantir água segura para consumo de todos (UN, 1980). Esta década teve resultados positivos mas no entanto o rápido crescimento das populações urbanas acabou por diluir todos os esforços.

Em setembro de 2000, as Nações Unidas reuniram-se para a Cimeira do Milénio. Desta cimeira surgiram os Objetivos de Desenvolvimento do Milénio (ODM), uma parceria global em que líderes mundiais se comprometeram, até 2015, a reduzir a pobreza extrema, travar a propagação do vírus VIH/SIDA, assegurar educação primária universal e outros problemas relacionados com o desenvolvimento a nível mundial. Nesta primeira versão dos ODM, existia a meta de reduzir para metade a proporção de pessoas sem acesso a água apropriada para consumo. No entanto foi somente na Cimeira Mundial para o Desenvolvimento Sustentável em 2002, que a comunidade internacional decidiu expandir esta meta e incluir também o saneamento básico. A água foi também considerada como um fator crítico para atingir todos os Objetivos (UN Millennium Project, 2005).

Lentamente, o saneamento tem vindo a reunir a atenção internacional, dissociando-se da problemática do abastecimento de água. O ano de 2008 foi designado como “O Ano Internacional do Saneamento” pretendendo implementar medidas adicionais que ajudassem a comunidade internacional a atingir os ODM.

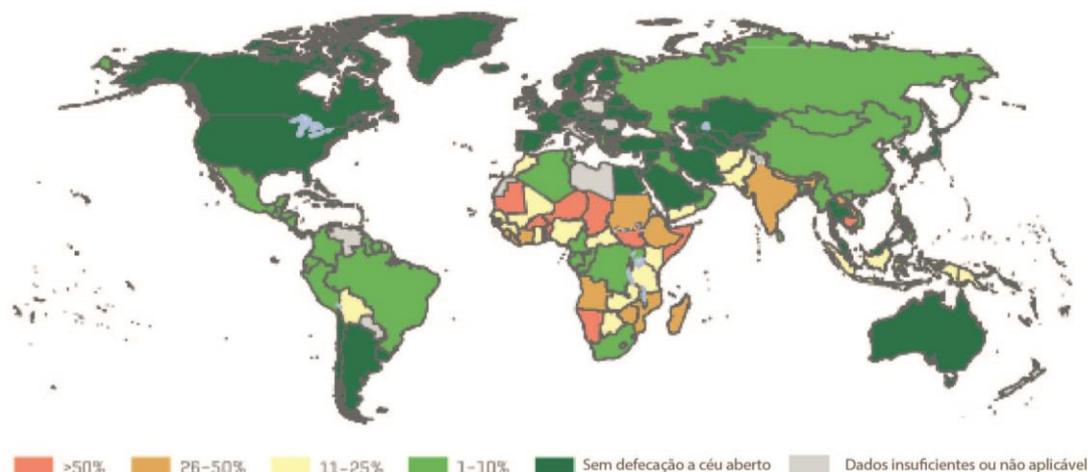


Figura 3.3: Proporção da população que ainda pratica defecação a céu aberto 2011. Existem ainda 45 Países onde a cobertura de saneamento é inferior a 50%. Adaptado de WHO/UNICEF, 2013.

Como se pode ver pela Figura 3.3, as zonas do mundo que contam com uma menor cobertura de saneamento coincidem com os países em desenvolvimento. A África Subariana e o sul da Ásia têm níveis de cobertura inferiores a 50%. Em 2011 cerca de 64% da população mundial contava com acesso a instalações sanitárias melhoradas. De acordo com os relatórios mais recentes, entre 1990 e 2011 cerca de 1,9 milhões de pessoas obtiveram acesso a instalações sanitárias melhoradas. Este número, apesar de positivo, ainda se mantém distante das metas impostas pelos ODM. Cerca de 2,5 mil milhões de pessoas ainda não têm acesso a saneamento melhorado (WHO/UNICEF, 2013)



Figura 3.4: Objetivos de Desenvolvimento do Milênio. Fonte: UN.

Na Figura 3.4 são apresentados os oitos ODM. Desses, o que mais imediatamente se relaciona com o tema deste trabalho é o **Objetivo 7** que é composto por quatro metas diferentes presentes na Tabela 3.1, a meta 7.C está diretamente relacionada com o saneamento.

Tabela 3.1 Metas definidas para o Objetivo 7. Fonte: UN, 2013)

Objetivo 7 - Garantir a Sustentabilidade Ambiental	
7.A	Integração dos princípios do desenvolvimento sustentável nas políticas e programas nacionais e a inversão da atual tendência para a perda e degradação de recursos ambientais
7.B	Reduzir a perda de biodiversidade até 2010 através da redução da taxa de perda.
7.C	Reduzir para metade, até 2015, a percentagem da população sem acesso permanente a água potável e a saneamento básico, face aos valores de referência de 1990.
7.D	Melhoria de vida de pelo menos 100 milhões de pessoas, até 2020.

A relação do saneamento com as outras metas também é facilmente perceptível; usando sistemas de saneamento que tenham como base o reaproveitamento de nutrientes e reutilização da água para agricultura é possível otimizar a gestão dos recursos hídricos que, em muitos dos países em desenvolvimento, são escassos. A escassos anos do prazo final para atingir os ODM, ainda é necessário assegurar o acesso ao saneamento melhorado a cerca de mil milhões de pessoas.

A tarefa de dotar 75% da população com saneamento condigno provou-se uma das mais difíceis dentro das metas adotadas pelas Nações Unidas, este é um dos ODM que se encontra mais longe do seu objetivo. Em dezembro de 2010, o secretário-geral das Nações Unidas lançou uma nova campanha para colmatar a lacuna que existe no panorama do saneamento mundial. O "*Sustainable Sanitation: The Five-Year-Drive to 2015*" que tem como objetivo criar uma maior consciência para a crise do saneamento mundial, mobilizando vontade política, recursos financeiros e técnicos para esta causa (UN, 2010).

É crucial sublinhar que mesmo que os ODM sejam atingidos cerca de 1,7 mil milhões de pessoas ainda não terão acesso a condições de saneamento melhorado. Atualmente estão a ser elaborados novos planos para o cenário pós-2015; pretende-se erradicar a prática da defecação a céu aberto até 2025 (WHO/UNICEF, 2013).

O saneamento também desempenha um papel bastante importante nos restantes ODM. Por exemplo, o **Objetivo 1** estando relacionado com a erradicação da pobreza extrema e da fome implica a melhoria das condições de saúde e de vida; ao dotar as comunidades de infraestruturas de saneamento básico, estão a reduzir-se de um modo importante os vetores de transmissão de doenças e aumenta-se a esperança de vida das populações. Isto também tem um impacto positivo na economia local, dado que pessoas saudáveis têm maior capacidade de trabalho e produzem mais riqueza. A reutilização de nutrientes que certos sistemas de saneamento possibilitam também pode vir a ser útil no incremento de produção agrícola, desde que não existam impedimentos culturais.

Para atingir o ensino básico universal mencionado no **Objetivo 2** é necessário que as escolas tenham condições de saneamento, caso contrário as crianças estão mais propensas ao aparecimento de doenças infecciosas (Burgers, 2003), determinando maior absentismo escolar e comprometendo a sua educação. Ainda neste tópico é possível englobar o **Objetivo 3**, é essencial que as crianças de ambos os sexos tenham as mesmas oportunidades de educação. Sem instalações sanitárias condignas muitas famílias acabam por retirar as suas filhas das escolas, a ausência de local seguro para lidar com as suas necessidades mais básicas de higiene

pode ser um risco para a sua segurança, em especial ao atingir a maturidade, a menstruação pode torna-las um alvo fácil para a chacota dos seus pares (Bharadwaj & Patkar, 2004).

A falta de condições de higiene está profundamente ligada com elevadas taxas de mortalidade infantil, **Objetivo 4.** Segundo as Nações Unidas, a cada 20 segundos morre uma criança como resultado de falta de condições de saneamento ou contaminação das águas. A melhoria das condições de saneamento e práticas de higiene como a lavagem das mãos tem por isso um enorme impacto na saúde infantil (UN Millennium Project, 2005)

O **Objetivo 5** diz respeito à melhoria das condições de saúde da mulher grávida. A falta de água e, principalmente, de saneamento, pode, mais uma vez, provocar problemas de saúde. Em 2008, cerca de 44 milhões de mulheres grávidas apresentaram casos de ancilostomíase, que consiste na presença de vermes no intestino delgado, provocando graves infeções. Estes casos assumem, em regra, maior relevância nos Países em desenvolvimento (Freire, 2012).

O foco do **Objetivo 6** é a erradicação de doenças como o VIH/SIDA, malária e outras doenças de alta incidência. Sem ser o vírus do VIH/SIDA, a maioria das doenças transmitidas pela água estão relacionadas com contaminação fecal e sistemas de saneamento ineficientes; a lista de doenças é longa e passa por doenças diarreicas, tifoide, cólera, vários tipos de hepatite viral, poliomielite, esquistossomíase e infeções por helmintas. (WHO, 2006).

Finalmente, o **Objetivo 8** incide sobre a necessidade de existir uma parceria mundial de apoio e entreaajuda para o desenvolvimento. Este é um ponto fulcral dos ODM pois, sem colaboração entre países em desenvolvimento e outros países dificilmente serão atingidas as metas propostas. São necessárias ajudas técnicas e financeiras de modo a que seja possível proporcionar o direito básico de dignidade e condições de vida a cada ser humano.

3.5. SANEAMENTO E SOCIEDADE

3.5.1. A IMPORTÂNCIA PARA A IGUALDADE DE GÉNERO

Como já foi previamente referido, o saneamento tem um papel de extrema importância para a igualdade de género. A falta de condições de saneamento é especialmente problemática para as mulheres. Quando não existem I.S. as populações recorrem a zonas isoladas para assegurar a sua privacidade durante o ato de micção ou defecação, o facto destas zonas serem isoladas faz com que as mulheres estejam mais expostas a ataques físicos como violações ou raptos. Assim, a “ida à casa de banho” está muitas vezes associada a sentimentos de insegurança e medo por parte das jovens dos países menos desenvolvidos (Black & Fawcett, 2008).

A necessidade de privacidade é vista com maior importância pelas mulheres, isto faz com que em certas zonas a madrugada seja a altura reservada para as mulheres tratarem da sua higiene pessoal em locais previamente definidos. Ser vista a ir para esse local a qualquer outra hora poderá significar a perda de respeito por parte da

comunidade. Isto faz com que, em certos locais, as mulheres sejam obrigadas a evitar a micção e a defecação durante todo o dia, isto faz com que as mulheres se inibam de comer e beber adequadamente o que poderá ter efeitos deletérios no seu estado de saúde (Black & Fawcett, 2008).

Para além da micção e defecação, as I.S. têm um papel importante para a higiene menstrual. Um dos fatores que influencia o abandono escolar feminino é a inexistência de I.S. nas escolas. As adolescentes vêm-se obrigadas a faltar à escola enquanto estão menstruadas, ou a fazer repetidas viagens para casa nos intervalos ou horas de almoço e tornam-se um alvo fácil para a agressão psicológica por parte dos seus colegas e por vezes professores (Meyer, 2012; Torondel & Jeandron, 2012; Bharadwaj & Patkar, 2004). É então necessário garantir que as escolas tenham I.S. limpas, confortáveis e separadas para os diferentes sexos (Albuquerque, 2012).

Muitos dos sistemas de saneamento não são pensados tendo em conta as necessidades femininas e não são criados meios de eliminação dos resíduos relacionados com a higiene menstrual. Por exemplo, inexistência de recipientes para lixo nas casas de banho, poderá levar a que as mulheres depositem trapos ou outros materiais nas fossas, estes materiais poderão comprometer o funcionamento das bombas de sucção e remoção das lamas pondo em causa o bom funcionamento do sistema (Bharadwaj & Patkar, 2004). Outro aspeto a ter em consideração é a dimensão das I.S. que devem ser suficientemente grandes para que uma mulher grávida consiga estar confortável no seu interior ou para que seja possível as mães auxiliarem crianças pequenas nas suas “idas à casa de banho”.

Durante o planeamento de um sistema de saneamento a opinião das mulheres sobre a sua constituição e localização é especialmente importante pois, na maioria dos casos, a sua limpeza estará a seu cargo (Black & Fawcett, 2008).

3.5.2. A IMPORTÂNCIA PARA AS PESSOAS COM MOBILIDADE REDUZIDA

As pessoas com mobilidade reduzida, como idosos ou pessoas com deficiências devem ser tidas em conta durante o planeamento deste tipo de sistemas. Nestes casos a existência de saneamento melhorado muitas vezes não é sinónimo de acesso ao saneamento melhorado. Estima-se que cinco por cento das populações mais desfavorecidas do mundo tenham algum tipo de deficiência (WEDC, 2004). Existem estudos que indicam que nas famílias que têm pessoas com deficiência na sua constituição estão mais suscetíveis a não dispor de I.S. privadas e a defecação a céu aberto é ainda mais comum.

Assim, o planeamento de um sistema de saneamento deverá sempre ter em consideração as necessidades de todos os elementos da comunidade, em especial aqueles que se encontram mais vulneráveis.

3.6. O SANEAMENTO NOS PALOP

Um dos grandes problemas do mundo atual é o êxodo dos meios rurais para as grandes cidades, este problema torna-se especialmente grave nos países em desenvolvimento. Nos últimos 50 anos a população urbana nestes países aumentou cerca de 40 vezes (Black & Fawcett, 2008). Nos PALOP o cenário é idêntico, por exemplo em Luanda a população duplica a cada 10 anos e atualmente conta com cerca de 5 milhões de habitantes, que representa 30% da população angolana (Nzatuzola, 2011).

Os sistemas existentes nas cidades não são capazes de dar resposta ao aumento populacional. Para além do mais, o crescimento destas cidades não é organizado, o que faz com que a maior parte da população viva sem qualquer tipo de condições e o espaço para a construção de I.S. ou estações de tratamento é limitado ou mesmo inexistente. Os PALOP, com exceção de Cabo Verde encontram-se na lista de países menos desenvolvidos do mundo (WHO/UNICEF, 2013) onde uma grande parte da população vive abaixo do limiar da pobreza.

Tabela 3.2: Estatísticas de acesso ao saneamento nos PALOP (Adaptado de (WHO/UNICEF, 2013))

País	Ano	População (x1000)	% População urbana	Uso de instalações sanitárias (% da população)												Proporção da população de 2011 que ganhou acesso desde 1995 (%)
				Urbano				Rural				Nacional				
				Não-melhorado			Melhorado	Não-melhorado			Melhorado	Não-melhorado			Melhorado	
				Partilhado	Não-melhorado	Defecação a céu aberto		Partilhado	Não-melhorado	Defecação a céu aberto		Partilhado	Não-melhorado	Defecação a céu aberto		
Angola	1990	10335	37	67	-	0	33	7	-	21	72	29	-	14	57	37
	2000	13926	49	75	-	2	23	11	-	22	67	42	-	12	46	
	2011	19618	59	86	-	11	3	19	-	22	59	59	-	15	26	
Cabo Verde	1990	348	44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	34
	2000	437	53	61	-	12	27	25	-	17	58	44	-	15	41	
	2011	501	63	74	-	8	18	45	-	13	42	63	-	10	27	
Guiné-Bissau	1990	1017	28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11
	2000	1241	36	27	22	47	4	4	2	41	53	12	9	43	36	
	2011	1547	44	33	28	37	2	8	4	45	43	19	15	42	25	
Moçambique	1990	13547	21	35	7	27	31	2	0	23	75	9	2	23	66	12
	2000	18201	29	37	7	31	25	5	1	26	68	14	3	28	55	
	2011	23930	31	41	8	38	13	9	2	34	55	19	4	35	42	
São Tomé e Príncipe	1990	116	44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20
	2000	141	53	27	4	4	65	14	4	4	78	21	4	4	71	
	2011	169	63	41	6	5	48	23	7	4	66	34	6	5	55	

Através da Tabela 3.2 é possível perceber que existe uma enorme diferença entre o nível de cobertura de saneamento melhorado em meio rural ou meio urbano. Na maioria dos casos esta diferença chega a ser mais de metade. Isto quer dizer que no contexto rural os ODM estão ainda mais longe de serem atingidos, a taxa de

melhoramento das condições sanitárias terá que duplicar para que seja possível atingir a meta de garantir I.S. melhoradas a 75% da população mundial (SIWI, 2005).

Angola é o país dos PALOP que apresenta um maior desenvolvimento do saneamento, a população urbana está muito próxima dos 60%, neste contexto urbano o saneamento melhorado já engloba quase toda a população e a defecação a céu aberto é bastante reduzida, quando comparado com os outros países. No entanto nos meios rurais o saneamento melhorado só chega a cerca de 20% da população, a defecação a céu aberto ainda é uma prática largamente disseminada. Isto faz com que no panorama nacional de Angola as pessoas que têm acesso a saneamento condigno não perfazem 60% da população.

Cabo Verde tem uma população menor que Angola mas a discrepância entre a cobertura no contexto urbano e rural é menor, 74 e 45%, respetivamente. No entanto a defecação a céu aberto ainda tem uma grande expressão neste país, mesmo no meio urbano, 18%. A nível nacional 63% da população tem acesso a saneamento melhorado.

Tanto Angola como Cabo Verde são os países que apresentam um maior aumento do saneamento melhorado nas últimas décadas, 37 e 34%. A **Guiné-Bissau** é o país que menos progressos fez em termos de saneamento, os dados para a década de 90 são inexistentes. Volta-se a constatar a tendência do maior desenvolvimento nas cidades, embora bastante inferior ao presente nos países mencionados anteriormente. No entanto, é notória a existência de saneamento ainda que não melhorado que, estará a ser gradualmente transformado para poder ser considerado melhorado; perto de 40% da população urbana e 45% da rural contavam com este tipo de I.S. em 2011. A defecação a céu aberto continua a marcar fortemente a realidade deste país. No total só cerca de 20% da população tem acesso ao saneamento melhorado o que implica que este país deverá rever as suas políticas atuais em relação ao saneamento e educação para a higiene pois ainda se encontra muito aquém dos ODM.

O país com menor população é **São Tomé e Príncipe**; estas ilhas já concentram mais de metade da sua população em cidades e o aumento do número de I.S. melhoradas aí presentes é significativo, numa década houve um aumento de cerca de 15%, de 27 para 41% entre 2000 e 2011. No entanto a defecação a céu aberto continua a ser uma prática muito comum tanto em contexto urbano como rural, nas cidades quase metade da população não tem outra alternativa para satisfazer as suas necessidades fisiológicas. Nos meios rurais cerca de um quarto da população possui acesso a I.S. melhoradas mas a defecação a céu aberto é a realidade de mais de 65% das pessoas.

Nos últimos 20 anos houve um aumento de cerca de 20% da cobertura do saneamento melhorado em São Tomé e Príncipe, o que é um indicador de que têm sido feitos esforços neste sentido, no entanto este país ainda tem um longo percurso a percorrer até conseguir garantir condições de higiene condignas para a maioria da sua população.

O país mais populoso de todos os PALOP é **Moçambique** e apresenta valores percentuais semelhantes à Guiné-Bissau. A percentagem de saneamento não melhorado é relativamente elevada tanto meio urbano (38%) como em meio rural (34%). As I.S. melhoradas, em geral, são insuficientes mas no cenário rural quase que

podem ser consideradas residuais, considera somente 9% da população. Este facto toma especial importância pois a maioria da sua população vive fora das cidades.

A quantidade de I.S. não melhoradas em Moçambique é explicada pelo facto de, mesmo durante a guerra civil que existiu entre 1975 e '92, o governo reconheceu o saneamento como um assunto de extrema importância e encorajou as populações a construir as suas próprias latrinas. No entanto, sem orientações técnicas a maioria das latrinas teve uma construção deficiente e não eram higiénicas. Tendo em conta este facto foi desenvolvido um programa de investigação para criar uma I.S. que mantivesse certos níveis de higiene e fosse financeiramente acessível para as populações periurbanas. Nesta investigação conclui-se que o maior desafio para este tipo de I.S. era a cobertura da fossa. Assim, no final da década de '70 os investigadores desenvolveram um modelo de laje *standard*. Como resultado em 1985 foi criado o Plano Nacional para o Saneamento de Baixo Custo (PNSBC) que disseminou a produção deste modelo de laje por todo o país. Estas lajes eram parcialmente subsidiadas pelo governo e outras entidades externas, como a UNDP. A venda de lajes sofreu grandes flutuações consoante a existência ou não de subsídios adicionais. Foi este funcionamento baseado em subsídios externos, juntamente com a falta de estrutura de conhecimentos técnico e administrativo suficientemente fortes que acabaram por ser a ruína deste programa. As mudanças de política de financiamento acabaram por levar ao seu declínio sendo que entre 1989 e 1999 observou-se uma brutal queda nas vendas destas estruturas (WSP, 2002).

No entanto a falta de financiamento não foi o único problema neste programa, não se apostou o suficiente na mudança de atitude das comunidades em relação à higiene, não foram desenvolvidos planos para a limpeza e manutenção das fossas das latrinas, determinando o seu insucesso. Isto levou ao abandono das fossas assim que surgisse algum problema de funcionamento (Black & Fawcett, 2008).

Após a experiência com o PNSBC é necessário que Moçambique volte a ter iniciativas para garantir condições de higiene às suas populações, nas últimas décadas houve um incremento de somente 10% na existência de I.S. melhoradas. Somente 19% da população nacional tem acesso a estas I.S. e 42% dos moçambicanos ainda praticam defecação a céu aberto.

3.6.1. LIMIAR DA POBREZA NOS PALOP

O nível de desenvolvimento dos países está relacionado com vários indicadores estatísticos, entre eles o rendimento *per capita*. Países em desenvolvimento têm baixos níveis de rendimento, este facto é facilmente relacionável com a baixa taxa de atendimento de saneamento.

Dentro do rendimento *per capita* existe o valor do Limiar de Pobreza que é definido como a quantidade de dinheiro mínima necessária para viver, esta quantidade é variável de país para país no entanto a comunidade internacional propõe o valor internacional de 1,25\$/dia (The World Bank, 2013).

Na Figura 3.5 estão presentes os valores mais recentes da percentagem da população abaixo da linha de pobreza nos PALOP. A partir destes valores é possível perceber que Guiné-Bissau, Moçambique e São Tomé e Príncipe são os países em que mais de metade da sua população vive abaixo do limiar da pobreza. No caso da Guiné Bissau, quase 70% da sua população vive com menos de 1,25\$/dia. Comparando com os dados

presentes na Tabela 3.2: Estatísticas de acesso ao saneamento nos PALOP (Adaptado de)Tabela 3.2stes também são os países que, a nível nacional apresentam um menor atendimento de saneamento melhorado.

Cruzando estes dados é possível perceber que as populações mais desfavorecidas economicamente serão aquelas que não têm acesso a saneamento melhorado e que terão mais dificuldade em ter condições para investir em sistemas de saneamento.

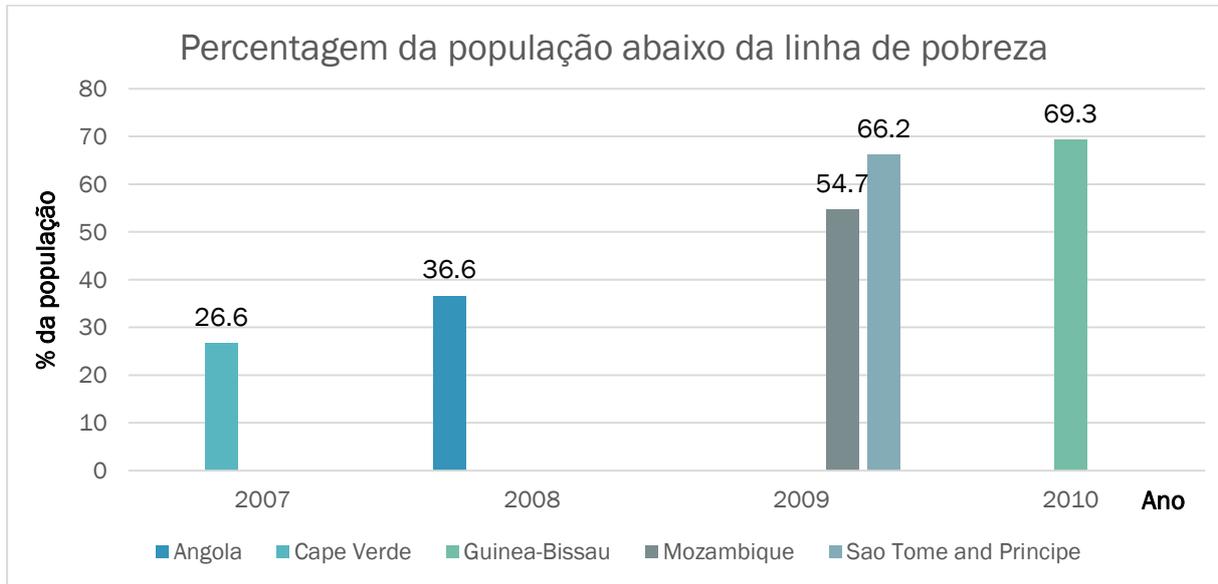


Figura 3.5: Percentagem da população abaixo da linha de pobreza, população que possui menos de \$1,25 por dia. Fonte. The World Bank, 2013.

4. SANEAMENTO LOCAL PARA PEQUENOS AGLOMERADOS POPULACIONAIS

No âmbito desta dissertação considera-se que os sistemas locais são aplicáveis a populações de pequenas dimensões (até 250 habitantes) e com pouca disponibilidade financeira para investimentos. Deste modo, todos os sistemas estudados são *'in situ'* ou seja, o tratamento e destino final serão próximos da zona de deposição dos diferentes resíduos secos (excreta) ou líquidos das populações.

Neste trabalho não serão abordadas de forma detalhada as questões relacionadas com a gestão deste tipo de sistemas. A problemática das I.S. públicas ou em edifícios públicos não será contemplada, as orientações técnicas presentes neste manual continuam a ser válidas para este caso mas será necessário ter em conta outros pressupostos para a sua gestão. Recomenda-se a consulta de TOUBKISS (2010) para informação sobre esta temática.

Um sistema de saneamento é um conjunto de estruturas que têm como propósito a coleta, armazenamento, transporte, quando necessário, e o correto tratamento da excreta garantindo sempre a segurança sanitária das populações. Não assegurar qualquer um dos componentes dos sistemas de saneamento implica a não-resolução do problema, sendo que este é simplesmente transferido para um outro local. Num sistema local tudo isto é feito sem que haja ligação a instalações de tratamento centralizado. Um sistema de saneamento local deverá ter como características: satisfazer as necessidades do utilizador, a sua utilização, manutenção e construção deverão ser simples e com baixo custo associado e deverá incluir instalações que garantam o correto tratamento dos resíduos produzidos (ISO, 2013).

Adicionalmente considera-se que não será necessária a aquisição de terrenos para a implementação do sistema de saneamento. Na Figura 4.1 apresenta-se um exemplo da possível localização dos diversos componentes do sistema de saneamento, dentro dos limites da povoação. A compra de terrenos significará um aumento considerável dos custos do sistema (Kivaisi, 2001).

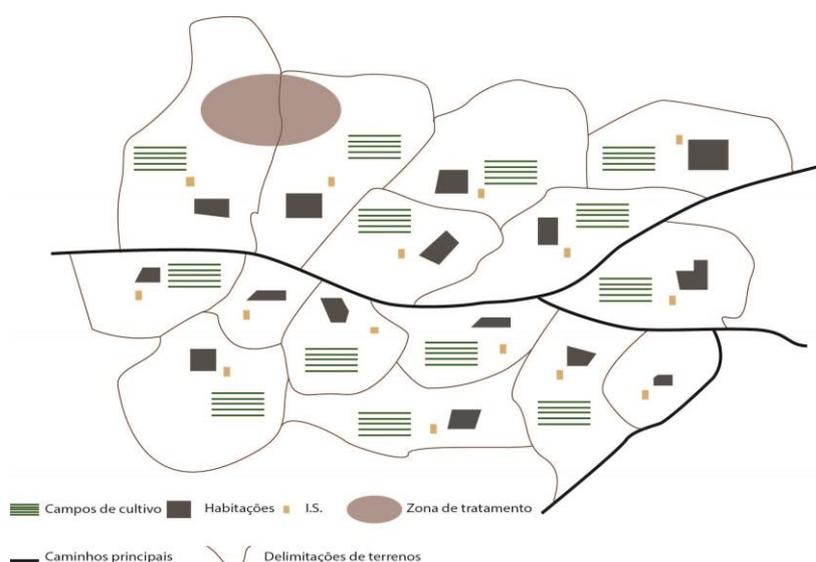


Figura 4.1: Exemplo de localização do sistema de saneamento numa pequena povoação. I.S. privadas e zona de tratamento complementar em terrenos da comunidade.

4.1. UTILIZADORES DO SISTEMA DE SANEAMENTO

Os costumes relacionados com a higiene pessoal variam consoante as culturas. Os sistemas de saneamento devem ser adaptados de forma a respeitar estes hábitos culturais. Certas culturas preferem sentar-se para defecar enquanto outras consideram que a posição de cócoras será a mais confortável. Os materiais utilizados para a higiene perianal também podem diferir bastante, dependendo da disponibilidade de certos materiais, pode ser costumeira a utilização de materiais secos como folhas, papel ou água (Franceys, et al., 1992). Esta informação encontra-se sintetizada na Tabela 4.1.

Certos hábitos poderão fazer com que a comunidade não aceite certas técnicas de saneamento: por exemplo o uso de água para a limpeza perineal poderá invalidar o uso de técnicas de desidratação de fezes. É importante ter em conta este tipo de fatores aquando da escolha do sistema de saneamento.

Tabela 4.1: Tipos de posições e materiais de limpeza perianal considerados

Posição	Material de limpeza perianal
Cócoras	Seco (folhas, papel, etc.)
Sentado	Água

4.2. ACUMULAÇÃO E QUANTIDADE DE URINA E FEZES EXCRETADAS

A quantidade de urina e fezes excretadas diariamente por cada indivíduo é bastante variável e depende de fatores como a quantidade de água consumida, o tipo de dieta, a ocupação, sexo, idade ou o clima. Mesmo com as variabilidades que lhes são associadas estas são grandezas que interessa conhecer, mesmo que de forma aproximada, quando se pretende dimensionar fossas ou outro tipo de componente num sistema de tratamento. Tendo em conta esta grande variação e quando não é possível obter valores específicos para o caso em estudo FRANCEYS, et al.(1992) sugere que se considerem os valores médios apresentados na Tabela 4.2.

Tabela 4.2: Quantidade de Fezes e urina excretados diariamente por pessoa dependendo do tipo de dieta e clima. Adaptado de Franceys, et al., 1992.

Tipo de dieta e clima	Urina (l/pessoa/dia)	Fezes (g/pessoa/dia)
Dieta rica em proteínas e clima temperado	1,2	120
Dieta vegetariana em clima tropical	1,0	400

O processo de decomposição da excreta inicia-se assim que esta é depositada, passado algum tempo torna-se numa matéria estável e sem odor desagradável. A matéria orgânica, como a ureia ou as proteínas, começa a ser degradada até se transformar em compostos mais simples e mais estáveis. Esta transformação faz com que sejam libertados gases para a atmosfera. O material solúvel que resulta destas transformações será removido pela água e o material patogénico presente, essencialmente nas fezes também é eliminado pois estes microrganismos não sobrevivem ao ambiente hostil criado pela decomposição do material.

Este processo de decomposição acontece devido à ação de bactérias e fungos. Isto poderá ocorrer em condições aeróbias ou anaeróbias. As primeiras ocorrem enquanto existir oxigénio; são transformadas as

matérias mais facilmente perecíveis e transformadas em gases ou ácidos. Após todo o oxigénio ter sido consumido entram em ação bactérias anaeróbias que atacam compostos mais resistentes como compostos azotados ou proteicos (Franceys, et al., 1992; Morais, 1962).

Durante a decomposição, estes resíduos sofrem uma redução de volume considerável, para além dos processos de degradação já referidos, a própria acumulação da excreta e urina leva à sua compactação. Outros dois fatores a ter em consideração para a determinação do volume necessário para um dado tipo de sistema são: o tipo de material usado para a limpeza anal e se a deposição do material é feita a seco ou com água. A decomposição submersa em água leva a uma maior redução de volume pois os elementos solúveis são mais rapidamente removidos, os resíduos ficam mais compactados quando comparados com a deposição a seco.

Na Tabela 4.3 são apresentados os valores sugeridos por FRANCEYS, et al. (1992) para a acumulação de lamas, estes valores são recomendados somente quando não há forma de obter informação sobre as quantidades concretas do caso em estudo. É de referir que estes valores podem levar a resultados sobredimensionados.

Tabela 4.3: Taxa de acumulação de lamas (l/pessoa/ano). Adaptado de Franceys, et al., 1992.

	Taxa de acumulação de lamas (l/pessoa/ano)
Resíduos retidos na água onde são usados materiais de limpeza anal degradáveis	40
Resíduos retidos na água onde são usados materiais de limpeza anal não-degradáveis	60
Resíduos retidos em condições secas onde são usados materiais de limpeza anal degradáveis	60
Resíduos retidos em condições secas onde são usados materiais de limpeza anal não-degradáveis	90

Tabela 4.4: Volumes diários *per capita* de CBO e sólidos totais (TS) para diferentes tipos de lamas fecais. Fonte: Strauss, et al., 2004.

Parâmetros	Esgoto	Lamas de I.S. públicas	Excreta fresca	Lamas fecais de fossas secas
CBO (g/pessoa/dia)	1	16	40	8
TS (g/pessoa/dia)	14	100	110	90
Volume (l/pessoa/dia)	1	2	1,5 (fezes e urina)	0,15-0,20

É possível compreender que existem vários fatores a influenciar o processo de decomposição das lamas, o que as torna bastante diferentes das águas residuais. As fossas sépticas são um outro órgão de recolha considerado para os sistemas locais, o tratamento a que as lamas estão sujeitas neste tipo de órgão é bastante variável e depende de fatores como o tempo de armazenamento, a intrusão de água nas fossas sépticas, a eficiência da própria fossa séptica e o modo como a fossa é limpa. Nos sistemas locais, as lamas não são remexidas, o que também traz implicações para a sua degradação. Na Tabela 4.4 apresentam-se os valores característicos de lamas fecais provenientes de diferentes tipos de tratamento. Assim, torna-se claro que as características químicas das lamas são muito variáveis.

4.3. REAPROVEITAMENTO DA EXCRETA NA AGRICULTURA

Atualmente muita da agricultura está dependente da utilização de fertilizantes químicos para melhorar a produtividade dos campos. Através da reutilização dos nutrientes presentes na excreta, os sistemas de saneamento podem ajudar a reduzir a despesa associada à compra destes produtos.

Os sistemas de saneamento, com os seus resíduos tratados, têm como produto final a urina e materiais com aparência semelhante ao solo natural (composto ou húmus). Estes materiais têm uma grande quantidade de nutrientes na sua composição. Os nutrientes poderão ser aplicados no solo de forma a melhorar a sua produtividade. As colheitas tornam-se mais abundantes e os vegetais desenvolvem-se melhor. Na Figura 4.2 são visíveis os efeitos da adição de urina na cultura de milho, obtendo-se espécimes de melhor qualidade. Assim, a utilização dos nutrientes provenientes da excreta poderá ajudar a garantir um melhor abastecimento de alimentos para a comunidade.



Figura 4.2: Testes do efeito da aplicação de urina no crescimento do milho. Aumento da quantidade de urina adicionada da direita para a esquerda, a primeira amostra não tem qualquer aditivo e a amostra mais à esquerda teve uma adição de 1750 ml de urina. Fonte: Peter Morgan.

Existem diferenças entre a composição da urina e das fezes, através da consulta da Tabela 4.5 é possível perceber que os nutrientes encontram-se em maior percentagem na urina mas nas fezes está presente a maioria do material orgânico.

Os nutrientes presentes na urina ajudam no desenvolvimento das plantas enquanto o material orgânico das fezes melhora as características do solo. A aplicação de composto no solo poderá mesmo possibilitar a agricultura em solos que eram previamente considerados estéreis (Tilley, et al., 2008). Para além de composto e urina, também é possível usar a água residual, após o devido tratamento, para a rega de campos. Este reaproveitamento pode mitigar as necessidades de água da comunidade.

Tabela 4.5: Percentagem de nutrientes presentes na urina e nas fezes humanas. Adaptado de WASTE, 2006.

Nutriente	Urina	Fezes
Azoto	70% - 88%	12% - 30%
Fósforo	25% - 67%	33% - 75%
Potássio	71%	29%
Conteúdo orgânico relativo	Baixo	Alto

Experiências feitas em Moçambique demonstram que as populações aceitam com relativa facilidade a utilização de urina na sua atividade agrícola. A urina necessita de um tratamento menos intensivo que as fezes e está menos relacionada com crenças e tabus. O aumento da produtividade dos campos de cultivo traz vantagens, para além da maior disponibilidade de alimentos para as famílias, a maior qualidade dos produtos agrícolas também potencia a economia local. Os agricultores do distrito de Mandimba, na província de Niassa, referem que têm mais facilidade em vender os seus produtos desde que começaram a usar a urina como fertilizante (WaterAid Moçambique, 2001).

Por outro lado, a utilização destes fertilizantes por parte dos agricultores poderá servir como catalisador para a organização de pequenos negócios de recolha e distribuição de urina e composto, estes podem, por exemplo, incluir a limpeza das fossas. As famílias poderão vender a urina por si recolhida de forma a terem uma fonte adicional de rendimentos (WaterAid Moçambique, 2001).

O tratamento das lamas fecais resulta na libertação de gases, biogás, que poderão ser reaproveitados de forma a suprimir as necessidades energéticas das famílias. O biogás poderá ser utilizado como alternativa à lenha para a preparação de alimentos e iluminação.

4.4. CONSTITUIÇÃO DOS SISTEMAS DE SANEAMENTO LOCAL

O planeamento de um sistema de saneamento é um problema cuja resolução deve ter em conta, naturalmente, a realidade da comunidade local. É necessário considerar as necessidades dos utilizadores, a sua cultura e crenças. Quando concebidos corretamente, estes sistemas têm um grande impacto na diminuição de disseminação de doenças trazendo grandes melhorias na qualidade de vida mas também poderão permitir uma otimização da utilização de recursos em termos de nutrientes, água e mesmo energia.

As tecnologias instaladas deverão ter uma utilização simples e a sua manutenção e reparação deverá ser técnica e economicamente viável. Também devem prever a expansão da população e a necessidade de melhoramentos futuros do sistema. Os sistemas são considerados como a combinação de **cinco fases**:

- Interface do utilizador - **I**,
- Recolha e Tratamento Primário - **R**;
- Limpeza e Transporte - **T**;
- Tratamento complementar - **D**;
- Destino final (reciclagem / reutilização) – **F**.

Esta divisão cria um maior número de opções para que a solução escolhida se compatibilize da melhor maneira possível com as condições do local.

A **interface do utilizador** é a forma através da qual as populações acedem ao sistema de saneamento, incluindo os vários tipos de sanita. Seguidamente, a **recolha** é a fase em que os produtos resultantes do uso da interface do utilizador são recolhidos e armazenados ficando isolados das populações, diminuindo assim o risco de disseminação dos patogénios; é nesta fase que é eliminada uma grande parte dos vetores de transmissão de doenças. Embora todas estas tecnologias impliquem algum nível de **pré-tratamento**, algumas são concebidas para garantir o tratamento completo da excreta e, por vezes o seu destino final. Quando a tecnologia de recolha não garante o seu completo tratamento é necessário prever o **transporte** deste material até à zona de tratamento. Também poderá ser necessário o transporte entre o tratamento dos resíduos e o seu destino final.

As tecnologias que garantem o **tratamento complementar** dos produtos do sistema de saneamento estão preparadas para receber os resíduos provenientes das fases prévias do sistema e remover de uma maneira eficiente os nutrientes, matéria orgânica e patogénios presentes nas lamas fecais e águas negras. Existem órgãos de tratamento diferentes para as fases líquida e sólida, provenientes dos sistemas de tratamento.

A última fase do sistema é o **destino final** e tem como intuito garantir o uso ou eliminação segura dos produtos resultantes da transformação que a excreta e outros resíduos domésticos sofreram ao longo das fases prévias, de forma a não prejudicar o ambiente nem colocar em risco a saúde das populações.

No capítulo 3 é apresentado um modelo de decisão simplificado que se destina a auxiliar na escolha dos sistemas a implementar em diferentes povoações. Os anexos são uma parte indispensável deste trabalho, aí estão presentes descrições de todas as tecnologias que são mencionadas no texto. Os anexos estão organizados em cinco partes diferentes, de acordo com os diferentes constituintes dos sistemas já descritos. Na Figura 4.3 apresenta-se um exemplo das fichas de descrição aí presentes, cada ficha tem um esquema ou fotografia que ilustram as tecnologias descritas, uma breve descrição dessa tecnologia seguida de uma explicação sobre as dimensões e características, técnicas de manutenção necessárias e estimativa de custo de investimento e O&M.

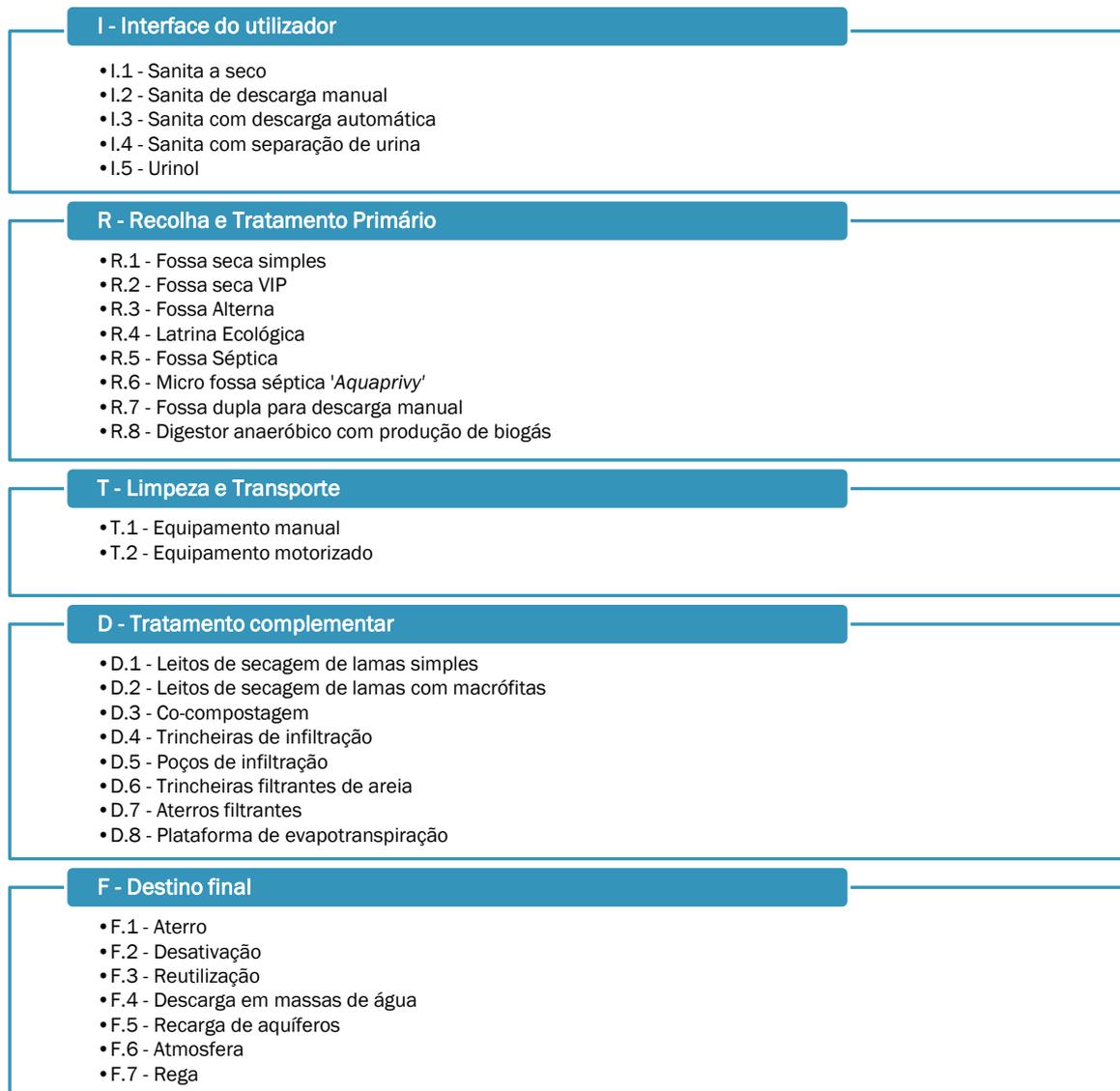


Figura 4.4: Componentes de um sistema de saneamento considerados.

4.5. TIPOS DE SISTEMAS

Neste trabalho são considerados três tipos de sistema de saneamento diferentes, dependendo da quantidade de água necessária para o seu correto funcionamento. A escolha dos limites de capitação é meramente indicativa e foi considerada a partir de uma estimativa baseada na produção média de água cinzenta nos países em desenvolvimento, entre 20 e 30 l/habitantes/dia (WHO, 2006). Assim, na Figura 4.5 apresentam-se os três sistemas considerados, identificados por diferentes valores de capitação.

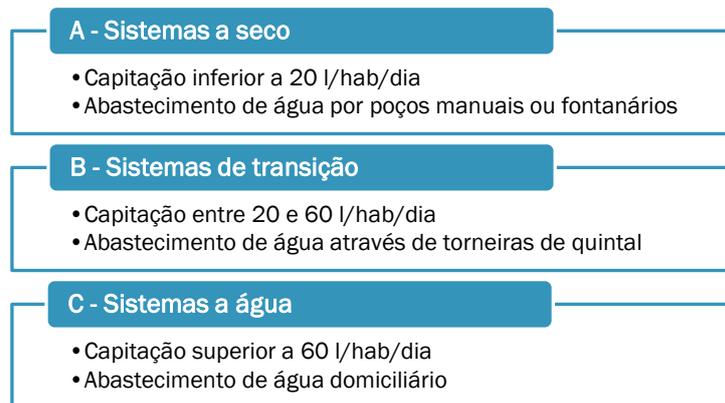


Figura 4.5: Definição da aplicabilidade dos sistemas considerados.

A. SISTEMAS A SECO

Estes são os sistemas mais simples, necessitam de pouca ou nenhuma água para o seu funcionamento (capitação inferior a 20 l/habitantes/dia). Geralmente são utilizados em zonas rurais, com baixa densidade habitacional e com escassez de água, que é distribuída habitualmente através de fontanários ou poços manuais. Nestes casos o tratamento da água cinzenta é considerado separadamente ou não é englobado.

Os sistemas a seco baseiam-se essencialmente em estruturas tipo latrina isto é, uma sanita instalada numa laje que cobre a fossa que recebe as excreta e outros produtos aí depositáveis, como excrementos de animais ou lixo biológico, proveniente por exemplo, da confeção de alimentos. Todas as técnicas de recolha consideradas, devem ser utilizadas a nível familiar (cada casa deve ter a sua própria I.S.). Estas serão construídas no exterior das habitações e devem possuir uma estrutura de abrigo que garanta a privacidade, conforto e segurança dos seus utilizadores.

Os tratamentos existentes neste tipo de sistemas são menos variados e acabam por depender dos processos naturais de degradação da matéria orgânica durante grandes períodos de armazenamento no interior das fossas.

Caso a comunidade assim deseje, poderá haver um serviço de limpeza das fossas e transporte dos resíduos. Este serviço de limpeza terá sempre que recorrer a tecnologias manuais. São considerados os sistemas tipo latrina com todas as suas variáveis. As fossas podem conter em si todo o sistema de tratamento, ou seja, o resíduo retirado das fossas é estável e não representa risco para a saúde pública.

Existem ainda outros tipos de fossas ou I.S. para além dos apresentados na Figura 4.6, como a fossa de furo seco ou a recolha com balde. Estas não serão referidas neste trabalho devido a padrões de higiene inaceitáveis. As fossas com furo seco implicam grandes riscos de contaminação dos aquíferos, devido à sua grande profundidade, e o seu período de vida útil é mais reduzido que o das fossas secas. O sistema de recolha com balde implica o transporte de excreta fresca, o que aumenta bastante o risco de disseminação de matéria fecal e consequente conspurcação ambiental. Adicionalmente, as I.S. com balde só apresentam níveis de segurança sanitária se for garantida a lavagem e desinfecção dos baldes após a transferência da excreta (Faria & Beja Neves, 1983). Isto é difícil de garantir e tem um custo elevado, comprometendo a aceitação por parte da comunidade.

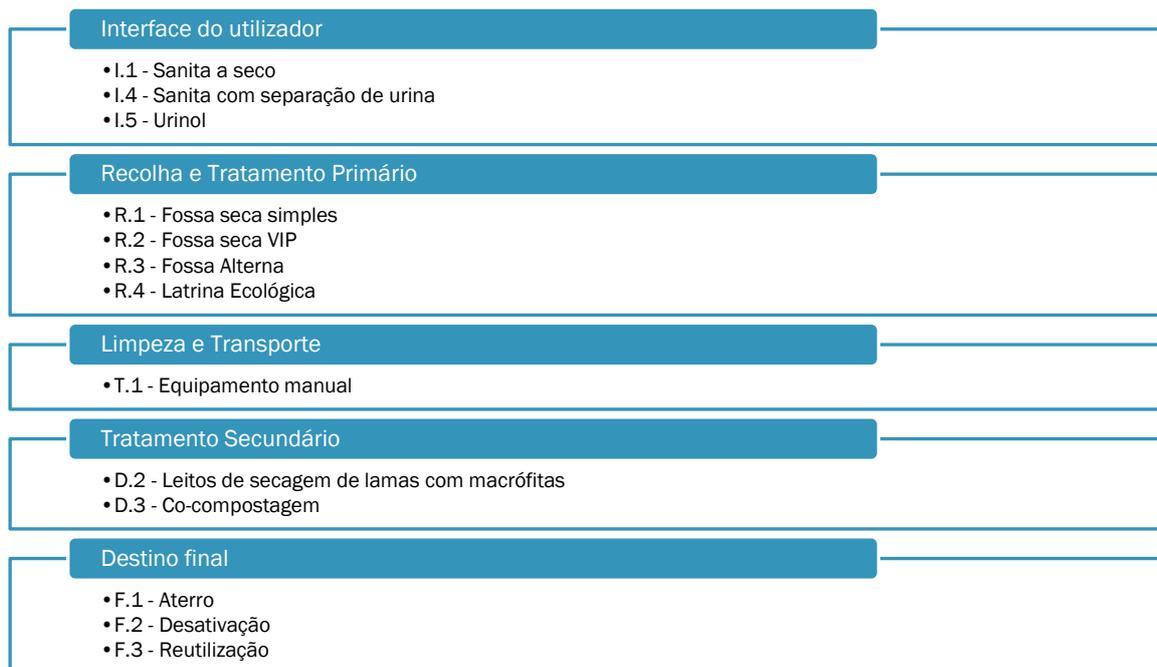


Figura 4.6: Opções de saneamento para sistemas a seco.

B. SISTEMAS DE TRANSIÇÃO

Os sistemas de transição utilizam tecnologias apropriadas para o intervalo de capitações entre os sistemas a seco e os sistemas com água, entre 20 e 60 l/habitantes/dia. Neste caso o abastecimento de água poderá ser descrito, tipicamente, pela existência de torneiras no quintal das habitações. As tecnologias consideradas para este tipo de sistema são apresentadas na Figura 4.7.

Estes sistemas são constituídos por órgãos que necessitam de alguma água para o seu funcionamento mas não dependem de um abastecimento completamente regular. A maioria dos órgãos considerados neste tipo de sistemas terão que ser utilizados no contexto familiar, somente a **fossa séptica (R.5)** deverá ser usada no contexto comunitário. O transporte e remoção do conteúdo dos órgãos de recolha poderá ser manual ou motorizado, dependendo da tecnologia utilizada e da disponibilidade financeira da comunidade.

Neste caso, dependendo do tipo de órgão de recolha considerada poderá ser ou não necessário o tratamento subsequente dos resíduos do sistema de saneamento. Caso seja necessário o tratamento complementar terão

que ser considerados tratamentos separados para as fases líquida e sólida Estes tratamentos transformam os resíduos dos sistemas de saneamento em produtos seguros para o uso na agricultura.

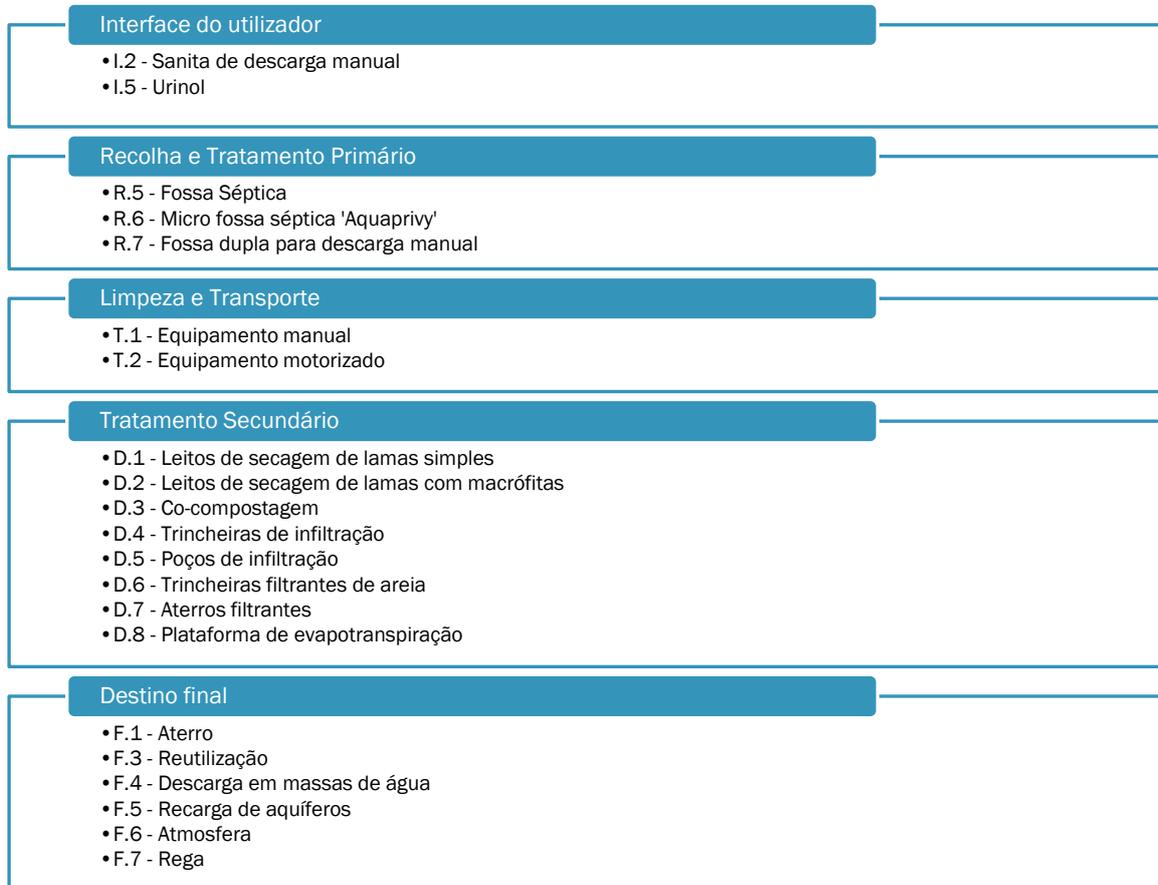


Figura 4.7: Opções de saneamento para sistemas de transição

C. SISTEMAS COM ÁGUA

Tal como o nome indica nestes sistemas é necessária a utilização de quantidades de água consideráveis, capitação superior a 60 l/habitante/dia, que implica a distribuição de água domiciliária. Neste tipo de sistemas, a capitação pode ascender a valores até 200 l/hab/dia, ou superiores.

No contexto deste trabalho só são considerados órgãos de baixo custo, na sua maioria, não necessitam de conhecimento especializado para a sua manutenção, estes estão apresentados na Figura 4.8. Nestes sistemas geralmente existem sanitas com autoclismo e o tratamento da água cinzenta é feito de forma conjunta com a excreta.

A **fossa séptica (R.5)** pode ser utilizada ao nível familiar ou ao nível comunitário, a utilização de **digestores anaeróbicos com produção de biogás (R.8)** ou **lagoas de estabilização (D.10)** só é possível ao nível comunitário. Isto faz com que seja necessária a colaboração de toda a comunidade para a sua construção e implementação.

Neste caso os órgãos de recolha garantem somente o tratamento primário do efluente pelo que será necessário prever tratamento complementar. Nestes sistemas é necessário diferenciar o tratamento da fase sólida (lamas fecais) e da fase líquida. Isto implica que haja a organização de sistemas de transporte das lamas fecais; o efluente é transportado com recurso a tubagens de pequeno diâmetro. Estes tratamentos transformam os resíduos dos sistemas de saneamento em substâncias seguras para o uso na agricultura.

Na literatura poderão ser encontrados outros órgãos de recolha, para além dos referidos na Figura 4.8, como os Tanques Imhoff ou filtros anaeróbios. Neste trabalho não são considerados porque para além do seu elevado custo de construção devem ser utilizados em sistemas de saneamento semi-centralizados, que ficam claramente fora do âmbito do presente trabalho.

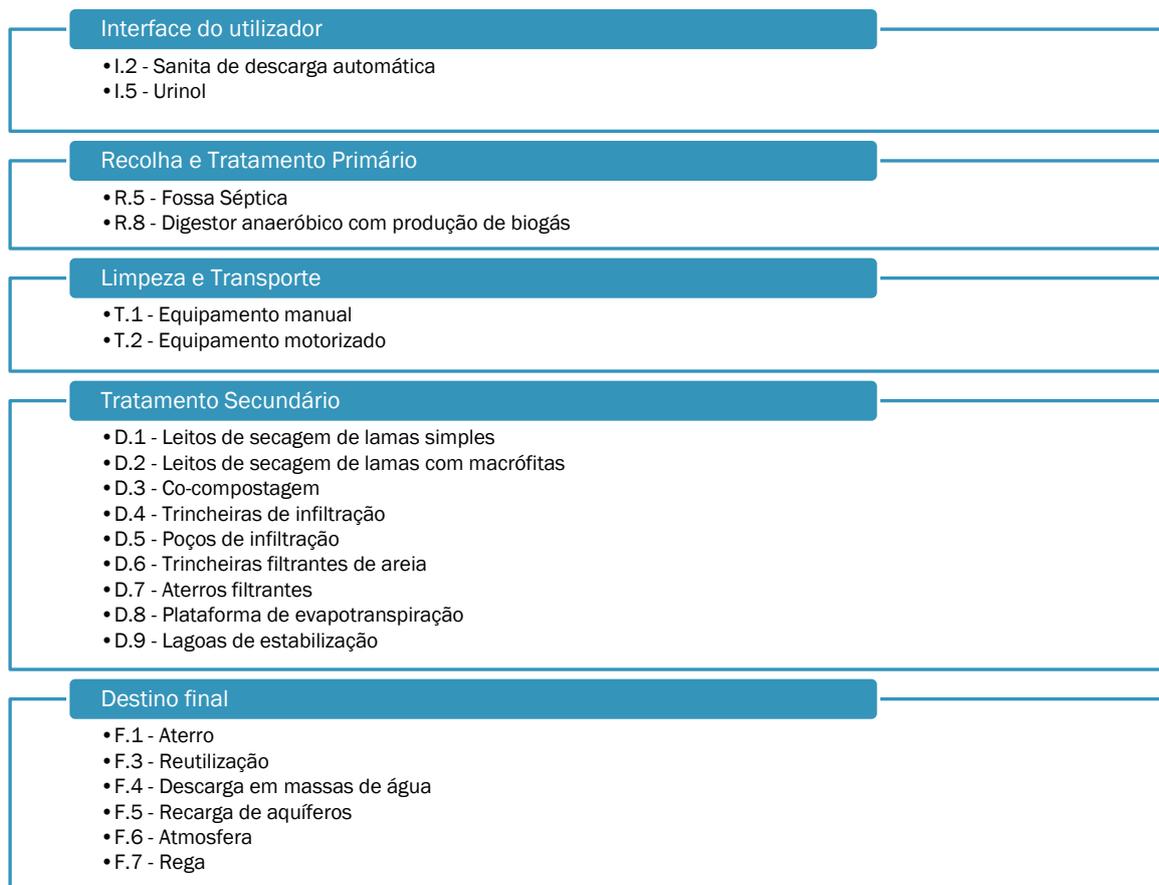


Figura 4.8: Opções de saneamento para sistemas a água.

4.6. EXEMPLOS DE I.S. DE BAIXO CUSTO

Qualquer I.S. deverá garantir a segurança, conforto e privacidade dos seus utilizadores. Nos países desenvolvidos as I.S. estão instaladas dentro dos edifícios, são estruturas de betão e alvenaria e com abastecimento de água assegurado. Nos países em desenvolvimento, são instaladas no exterior das habitações e frequentemente sem abastecimento de água domiciliário. Neste contexto a construção com alvenaria poderá não ser financeiramente exequível, pelo menos nas fases iniciais da implementação do sistema de saneamento. Neste caso poderão ser construídas estruturas de madeira ou com outros materiais locais que garantam a privacidade (Morgan, 2011).



Figura 4.9: Aspeto de uma I.S. em espiral construída com recurso a palha. Fonte: Morgan, 2011.

Na Figura 4.10 apresentam-se os principais componentes de uma I.S. de baixo custo, muitas vezes designada por latrina. Em anexo apresenta-se informação mais detalhada sobre o dimensionamento e construção das fossas secas. A estrutura é instalada sobre a fossa que poderá ter uma forma circular ou quadrada. A fossa deverá ter uma fundação de material mais resistente, como cimento ou tijolos. Esta fundação garante a segurança da laje de latrina e a integridade da fossa. Deverá ainda ser construído um aterro que faz com que toda a estrutura se encontre ligeiramente sobrelevada, mínimo de 150mm (Franceys, et al., 1992), em relação ao nível do solo. Para além da nivelção do terreno, este aterro tem como objetivo diminuir a probabilidade da entrada de águas pluviais para dentro das fossas. A estrutura deverá sempre garantir algum nível de ventilação, sendo que a renovação do ar é um aspeto crucial para o conforto destas I.S.

Existem várias formas de construir as estruturas que asseguram a privacidade e conforto dos seus utilizadores: esta poderá ter uma porta, tal como ilustrado na Figura 4.10, ou a sua forma poderá ser espiral, Figura 4.11. Para além da privacidade a utilização de uma porta, ou a forma espiral têm como objetivo garantir que o interior da I.S. se mantém escuro, reduzindo a probabilidade da entrada de insetos. O aspeto exterior destas I.S. pode ser visto na Figura 4.9.

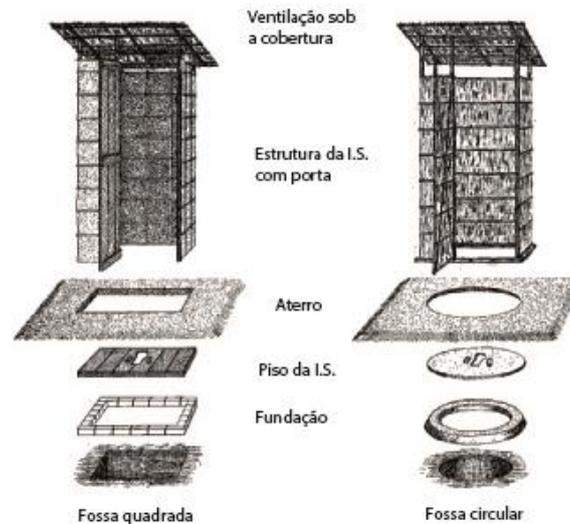


Figura 4.10: Principais componentes de uma I.S. a seco de baixo custo. Adaptado de Wagner, et al., 1958.

Segundo MORGAN (2011) a construção de I.S. em espiral é a forma mais económica de garantir conforto e segurança. Na Figura 4.11 são indicadas as medidas mínimas desta estrutura. Na mesma figura é indicada a existência de um tubo para ventilação, esta é uma forma mais eficiente de remover maus cheiros e impedir a proliferação de insetos no interior da I.S., estas são as **fossas secas VIP (R.2)**, mais informação sobre estas estruturas no Anexo I.

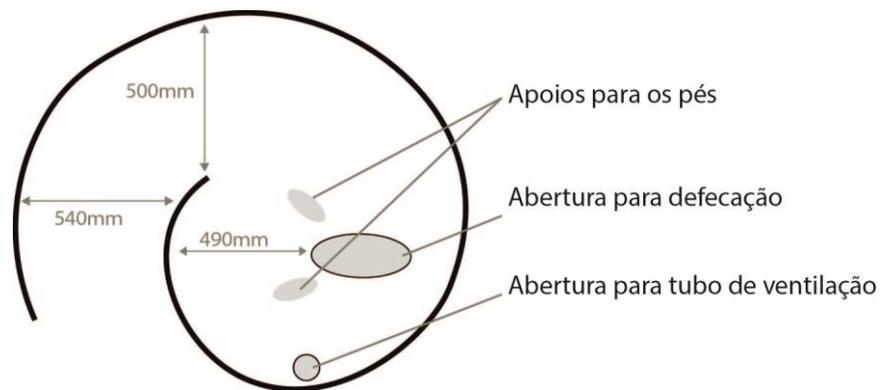


Figura 4.11: Esquemática da planta de uma estrutura de uma I.S. em espiral. Adaptado de Morgan, 2011 e Franceys, et al., 1992.

No entanto a superestrutura da I.S. poderá não ser suficiente para que as pessoas se sintam confortáveis nas I.S. O facto de, na maioria dos casos, as pessoas preferirem que as suas visitas às I.S. passem despercebidas, a localização destas construções deverá ser, preferencialmente, afastada de zonas de passagem frequente, como será o caso de ruas principais ou estradas. As povoações devem ser consultadas sobre a localização que consideram mais conveniente. Uma maneira simples de garantir entradas e saídas mais discretas poderá passar por construir estas estruturas de forma a que as portas não estejam muito expostas (Black & Fawcett, 2008). O piso de uma I.S.

O piso de uma I.S. é o que garante a separação entre a excreta e os seus utilizadores, sendo designados por laje de latrina, e devem ter a capacidade de suportar o peso dos utilizadores. O piso também tem como função impedir a entrada de roedores ou água pluvial para o interior das fossas.

Poderá ser construído utilizando materiais resistentes, tal como a madeira ou o betão armado. Em (Wagner & Lanoix, 1958) e em (Franceys, et al., 1992) são apresentadas vários métodos construtivos destas estruturas utilizando diferentes tipos de materiais. De forma a garantir a segurança e durabilidade dos pisos, a sua dimensão deverá ser sempre superior ao diâmetro da fossa. Os pisos deverão ter sempre uma abertura para a defecação, apoios para os pés e, caso seja desejado, uma abertura para o tubo de ventilação.

4.6.1. ACESSÓRIOS RECOMENDADOS NUMA I.S.

Todas as I.S. devem ter um dispositivo para a lavagem das mãos. Como já foi referido no capítulo anterior só desta forma se torna possível quebrar a cadeia da transmissão de doença. Caso tenha lugar o abastecimento de água direto à I.S. poderá ser um lavatório, caso contrário poderá ser construído um dispositivo simples que garanta a dispensa de água de uma forma gradual. Sempre que possível também deverá existir sabão, para uma mais eficaz eliminação dos patógenos. Na sua inexistência é recomendada a utilização de cinza para o mesmo efeito (Morgan, 2011). Esfregar as mãos com cinza e alguma água é um método alternativo de higienização das mãos após a defecação.

Para a construção dos dispensadores de água para a lavagem de mãos basta utilizar uma lata de alumínio ou uma garrafa de plástico onde serão feitos pequenos furos para a saída da água. Para lavar as mãos o utilizador deverá encher o recipiente de água e pendurá-lo. Na Figura 4.12 apresenta-se a sequência de imagens para a construção e utilização do recipiente para a lavagem de mãos.



Figura 4.12: Sequência para a construção de um recipiente para a lavagem de mãos. Na última imagem é apresentada uma sugestão de uma forma de manter o recipiente para a água e sabão para a lavagem das mãos após a defecação. Fonte: Morgan, 2011.

Adicionalmente, deve-se garantir que existe uma forma segura de depositar os resíduos provenientes da limpeza anal. Caso o sistema de saneamento não seja compatível com a deposição de materiais secos ou resíduos relacionados com a higiene feminina, devido ao risco de entupimento, deverá existir um recipiente para o armazenamento destes materiais. Os resíduos sólidos resultantes da limpeza anal contêm em si matéria fecal com alto potencial patogénico daí que a sua eliminação deva ser feita de um modo cuidado mas adaptado à realidade local. Estes resíduos poderão ser tratados em conjunto com lamas fecais através da **co-compostagem (D.3)** ou então poderão ter como destino final o **aterro (F.1)**.

Os resíduos relacionados com higiene feminina e menstruação nunca deverão ser depositados nas sanitas. Nos sistemas a água estes materiais poderão não se degradar suficientemente rápido e poderão entupir as bombas de remoção de lamas. Este tipo de material absorvente poderá ter implicações na eficiência dos serviços de

transporte. Nos sistemas a seco, a deposição deste tipo de material juntamente com a excreta poderá dificultar a aceitação da reciclagem dos nutrientes por parte das populações, isto porque a menstruação também é uma fonte de grandes tabus e crenças.

Caso o órgão de Recolha e Tratamento Primário não seja compatível com a utilização de água e esse seja o costume local para a limpeza anal, então deverá ser previsto um órgão adicional de absorção ou recolha desta água¹.

Será ainda relevante sublinhar a importância de assegurar que todas as I.S. devem dispor, em todos os momentos, de materiais que possibilitem a higiene dos seus utilizadores, papel ou água. Porém, isto poderá ser desprezado caso haja o costume de todos os utilizadores levarem consigo este tipo de material sempre que visitam as I.S.

¹ Consultar os órgãos de tratamento da fase líquida apresentados em Anexo.

5. SISTEMA DE APOIO À DECISÃO PARA A DEFINIÇÃO DE SISTEMAS DE SANEAMENTO LOCAL

5.1. ASPETOS GERAIS

Antes de iniciar a construção de um qualquer sistema de saneamento é necessário conhecer bem as características da povoação.

Os fatores que influenciam a escolha dos sistemas são: a saúde pública, condições socioeconómicas, culturais, financeiras, tecnológicas e institucionais (Franceys, et al., 1992). Adicionalmente, os sistemas locais de saneamento deverão adaptar-se às condições locais, devem ainda estar preparados para responder a mudanças ambientais.

O processo de escolha da cadeia de saneamento para uma povoação inicia-se com a sua caracterização. Esta caracterização pretende dar um melhor conhecimento da realidade da povoação no momento de análise em relação ao saneamento. Adicionalmente deve ser esboçado algum tipo de previsão do desenvolvimento urbano passível de ocorrer nas décadas seguintes.

Os sistemas devem responder às necessidades reais da população pelo que o contacto com os seus representantes ou mesmo com os seus elementos é essencial. Caso existam infraestruturas no local estas devem ser aproveitadas quando possível e as experiências passadas devem ser estudadas, é importante perceber quais os fatores que levaram ao seu fracasso e de que forma podem ser melhorados. Os valores culturais são extremamente importantes, as crenças e tabus relacionados com a higiene pessoal podem levar ao fracasso de programas de implementação do saneamento. Por outro lado também é preciso perceber qual é a disponibilidade financeira da população e a sua disposição para pagamento das instalações e a sua manutenção. No que respeita ao financiamento poderá haver incentivos institucionais que auxiliem os projetos. Porém é importante ter em atenção que este financiamento geralmente engloba só o custo de construção, a manutenção deverá ser assegurada pelas populações.

A disponibilidade e custo da água poderão influenciar as decisões relativas ao aproveitamento do efluente tratado. Devem ser analisados também os regulamentos ambientais nacionais e regionais relativos à qualidade da água de forma a assegurar que as descargas do sistema não põem em causa a integridade das massas de água (ISO, 2013).

A escolha das soluções tecnológicas deve ter em conta o desenvolvimento expectável da povoação, é importante que as diferentes tecnologias permitam melhoramentos. Soluções que atualmente parecem as melhores facilmente podem deixar de o ser com a evolução do nível de vida. Todas as instalações devem ser planeadas para um período médio de 5 a 10 anos. A localização das I.S. também deve ser cuidadosamente estudada, especialmente as zonas em que são instaladas as tecnologias de tratamento. O crescimento das populações pode fazer com que certas localizações que à data se encontram fora dos limites das povoações se tornem em zonas habitacionais no futuro.

O modelo de seleção apresentado divide-se em cinco fases:

1. Seleção do tipo de sistema;
2. Escolha do órgão de *Recolha e Tratamento Primário*;
3. Escolha do método de *Limpeza e Transporte*;
4. Escolha do *Tratamento Complementar*;
5. Confirmação do *Destino Final*.

A seleção do tipo de sistema pretende enquadrar a povoação em estudo num dos três tipos de sistema previamente descritos. A partir da Figura 5.1 o leitor será encaminhado para a secção correspondente ao tipo de sistema e que servirá de guia para a elaboração do sistema de saneamento mais apropriado para cada caso. As escolhas dos órgãos que compõem as diferentes fases do sistema de saneamento serão feitas a partir das características do solo e das preferências da população.

Em todos os sistemas torna-se importante a permeabilidade do solo, para informação a realização de testes de permeabilidade do solo recomenda-se a consulta de BARTOLOMEU (1996).

Este modelo de decisão pretende ser simplificado, não contendo informação específica sobre o custo associado a cada um dos sistemas. Os custos de construção e manutenção deste tipo de sistemas são muito variáveis e difíceis de prever sem um caso de estudo concreto. Um dos maiores gastos destes tipos de construção será habitualmente a mão-de-obra. Nos sistemas locais existem órgãos, como por exemplo a **fossa seca simples (R.1)** ou **VIP (R.2)**, cuja construção não necessita de mão-de-obra especializada o que torna possível que, se assim se desejar, o sistema seja construído pela própria população após uma breve formação. Todavia existem outros órgãos, como a **fossa séptica (R.5)** ou o **digestor anaeróbico de biogás (R.8)** que necessitam de um conhecimento mais especializado para a sua construção. Isto faz com que o conhecimento sobre o custo da mão-de-obra seja um ponto importante para a determinação do custo dos sistemas.

A determinação dos custos de materiais de construção e mão-de-obra torna-se especialmente difícil para o contexto rural ou periurbano, no entanto existe o trabalho elaborado por BRETTL (2013) que apresenta e propõe métodos de cálculo simplificados para algumas das tecnologias mencionadas no presente trabalho. Uma estimativa de custo para as tecnologias mencionadas neste trabalho estão presentes nas fichas de descrição em anexo.

Em 5.3 é apresentada uma ficha de caracterização da população, esta ficha tem como propósito a sistematização da recolha de dados sobre a população. Estes dados são necessários para a utilização do modelo de apoio à decisão que se apresenta de seguida.

5.2. Seleção do tipo de sistema

O primeiro passo para utilização deste modelo de decisão é perceber se a povoação em causa se enquadra no âmbito do presente texto e em que contexto. É importante saber qual o número de habitantes e qual a densidade populacional. Caso estes dois critérios estejam dentro dos limites já referidos no **Capítulo 2** e presentes na Figura 5.1 passa-se ao enquadramento da povoação em relação ao consumo de água.

Para este enquadramento é importante perceber qual a capitação média verificada na localidade. A capitação está relacionada com o tipo de abastecimento de água existente e é um indicador da disponibilidade financeira da comunidade. A partir destes dados é possível perceber qual o tipo de sistema que melhor se adapta a cada caso.

A separação de acordo com a capitação é meramente indicativa, caso o leitor chegue ao final deste método de escolha e não esteja satisfeito com os custos associados ao sistema, então aconselha-se que se inicie uma nova iteração de escolha.

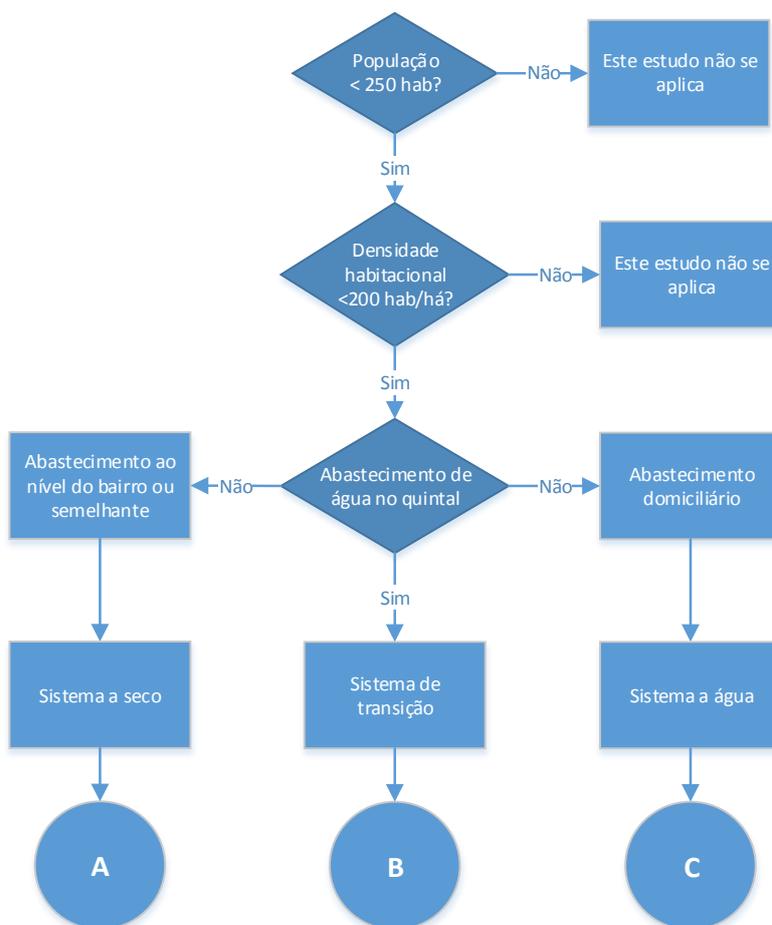


Figura 5.1: Identificação do tipo de sistema a considerar para a povoação em estudo.

Dados a recolher...

- População;
- Densidade habitacional;
- Capitação;
- Disponibilidade financeira da população;
- Perspetivas de crescimento da população.

Depois da análise da Figura 5.1, deve ser possível colocar a povoação em estudo num dos tipos de sistema apresentados, é importante escolher a localização dos diversos elementos do sistema de saneamento, especialmente em relação aos pontos de abastecimento de água. A escolha da localização poderá ser um processo iterativo. A primeira escolha será feita de acordo com as previsões de crescimento da povoação. Seguidamente é necessário confirmar que esta localização tem as características físicas necessárias para suportar o sistema. Caso isto não se verifique, deverá ser revista a localização e repetida a análise das características do solo.

É de notar que este modelo de decisão poderá ser adaptado a povoações com um número de habitantes superior a 250. Nesse caso a povoação poderá ser dividida por setores, ou bairros, de aproximadamente 250 habitantes, que poderão ser tratados independentemente uns dos outros. A melhor solução encontrada pode variar de bairro para bairro. No entanto, é importante que as soluções consideradas nas diferentes zonas sejam coerentes entre si, especialmente ao nível do transporte e recolha.

O leitor deverá passar para o capítulo referente ao sistema que resultou da análise da Figura 5.1.

5.2.A. DEFINIÇÃO DOS SISTEMAS A SECO

Para este tipo de sistema, é crucial a identificação das características do solo. Deve ser estudada a **existência de formações rochosas** a pouca profundidade, a **permeabilidade do solo** e a **profundidade do nível freático**.

Esta caracterização é importante nos contextos de eliminação patogénica e contaminação do nível freático. Solos permeáveis garantem uma maior eliminação de patogénios pois atuam como filtros e reduzem a probabilidade de contaminação. São considerados solos permeáveis aqueles que têm permeabilidades superiores a 10^{-6} cm/s , caso contrário são classificados como argilosos (Bartolomeu, 1996). Quanto menores as dimensões da matriz granular mais eficiente se torna a eliminação dos contaminantes orgânicos. Solos rochosos com fendas ou com uma matriz granular de grande dimensão tornam-se perigosos, a água movimenta-se com grande velocidade nestas condições sem que seja feita qualquer tipo de remoção dos microrganismos, o risco de contaminação dos aquíferos torna-se superior.

A combinação ideal será solos permeáveis mas com níveis freáticos profundos, o nível freático deve localizar-se a mais de 3m da base dos sistemas de infiltração. A profundidade limite considerada na Figura 5.2 é explicada pelo facto de que se considera que as fossas utilizadas nos sistemas a seco têm uma profundidade média de 3m. Caso isto não se verifique as estruturas construídas devem ser impermeáveis, tentativas de infiltração de água negra ou cinzenta neste cenário serão vãs (Tilley , et al., 2008).

Por outro lado, a escavação de solos rochosos poderá não ser exequível pois necessita de meios mecânicos que dificilmente estarão disponíveis no, contexto de comunidades rurais de baixo rendimento, a preços compatíveis com a capacidade financeira das populações. Por outro lado, este tipo de solo não permite a infiltração da água.

Também é necessário ter informação sobre o **historial de inundações** da zona, estes eventos poderão por em risco a integridade das fossas, pondo a saúde pública em perigo devido à dispersão de matéria fecal.

As I.S. consideradas neste tipo de sistema localizam-se no exterior das habitações.

Dados a recolher...

- Tipo de solo;
- Profundidade do nível freático;
- Permeabilidade do solo;
- Averiguar a periodicidade de cheias na zona;
- Disponibilidade financeira da população.

5.2.A.1 RECOLHA E TRATAMENTO PRIMÁRIO / INTERFACE DO UTILIZADOR

Na Figura 5.2 é apresentado o fluxograma de decisão da tecnologia Recolha e Tratamento Primário a utilizar para os **Sistemas a seco**. Neste esquema as primeiras questões são referentes às características do solo, estas características são um método de exclusão de técnicas que necessitem de escavação do solo ou que este tenha características permeáveis. Como já foi referido, a profundidade do nível freático também é um fator decisivo neste tipo de sistemas. Todas as soluções apresentadas deverão ser utilizadas ao nível familiar.

As soluções mais económicas de saneamento são a **fossa seca simples (R.1)** e a **fossa VIP (R.2)**. Estas estruturas são escavadas no solo, logo necessitam de solos permeáveis e pouco coerentes, tal com a **fossa alterna (R.3)** e todas devem estar equipadas com **sanitas a seco (I.1)**. A diferença entre a fossa seca simples e a fossa VIP é unicamente a existência de um sistema de ventilação que elimina os maus odores e insetos que poderiam existir dentro da I.S., por outro lado, a fossa alterna implica a construção de duas fossas que serão utilizadas alternadamente. Esta estrutura facilita o reaproveitamento dos nutrientes presentes na excreta, será a opção indicada caso o espaço disponível na propriedade não seja suficiente para a construção de várias fossas.

Recomenda-se sempre a reutilização na agricultura, dos nutrientes presentes na excreta tratada, no entanto há certas culturas que não aceitam esta utilização. Deste modo, caso seja escolhida a **fossa seca simples (R.1)** ou a **fossa VIP (R.2)** estas serão desativadas após estarem cheias, para isto basta serem cobertas com terra de forma a isolar o material patogénico. No entanto, mesmo que o manuseio de composto ou fezes secas não seja aceitável culturalmente, plantar uma árvore neste local é uma alternativa para o aproveitamento destes nutrientes que geralmente é bem aceite (Morgan, 2007).

Caso não seja possível a execução de fossas, devido à constituição do solo, ou a inundação periódica dos terrenos será necessário recorrer a **latrinas ecológicas (R.4)**. As **sanitas com separação de urina (I.4)** existentes nestas I.S. possibilitam recolha da urina que poderá ser utilizada como fertilizante líquido mesmo durante a sua exploração. Para além de ter a vantagem de necessitar de pouco tempo de armazenamento este tipo de fertilizante também é mais facilmente aceite pelas comunidades.

A existência de solo rochoso a pouca profundidade, nível freático elevado ou a inundação periódica do terreno são fatores que inviabilizam a construção de **fossas secas simples (R.1)**, **fossas VIP (R.2)** ou **fossas alternas (R.3)**. No entanto, caso estes fatores não sejam extremos, isto é, o solo rochoso ou a posição do nível freático ainda permitem a escavação até 1m, é possível sobrelevar a fossa. Para o caso de cheias, o chão da I.S. deve localizar-se no mínimo a 0,5m do nível de cheia (Parry-Jones, et al., 2005). Neste trabalho as fossas sobrelevadas não serão apresentadas de forma aprofundada pois têm grandes problemas de aceitação por parte das populações. O facto das I.S. ficarem bastante elevadas faz com que os seus utilizadores se sintam bastante expostos. As entradas e saídas da I.S. dificilmente passam despercebidas, o constrangimento pode fazer com que as populações as abandonem (Parry-Jones, et al., 2005; Black & Fawcett, 2008).

Caso as comunidades desejem utilizar a urina como fertilizante mas não disponham de recursos financeiros para a instalação de **latrinas ecológicas (R.4)** é possível instalar **urinóis (I.5)** em edifícios públicos, noutra local determinado pela comunidade ou nas habitações das famílias que o desejarem. Esta técnica de recolha tem um custo associado bastante baixo e, sendo facilmente aceite, é uma boa alternativa para o reaproveitamento

de nutrientes e o estímulo de atividades agrícolas. Recomenda-se a consulta da informação em anexo referente a **Reutilização (F.3)** da urina.

Todos estes órgãos, excepcionando as **latrinas ecológicas (R.4)**, poderão ser utilizadas caso a limpeza anal seja feita recorrendo a água ou a materiais secos. No entanto, para garantir o bom funcionamento destes órgãos não deverá ser adicionada água cinzenta.

Deste modo todos os órgãos Recolha e Tratamento Primário nos sistemas a seco devem ser acompanhados de um **poço de infiltração (D.5)** ou um **aterro filtrante (D.7)**. Deste modo é possível garantir o tratamento das águas cinzentas provenientes de atividades domésticas como a preparação de alimentos, limpezas ou higiene pessoal. Estes órgãos são importantes para evitar a formação de poças de águas estagnadas junto das habitações. A água estagnada é um ambiente de proliferação de mosquitos que são vetores de doenças como a malária ou o dengue (Huuhtanen & laukkanen, 2009).

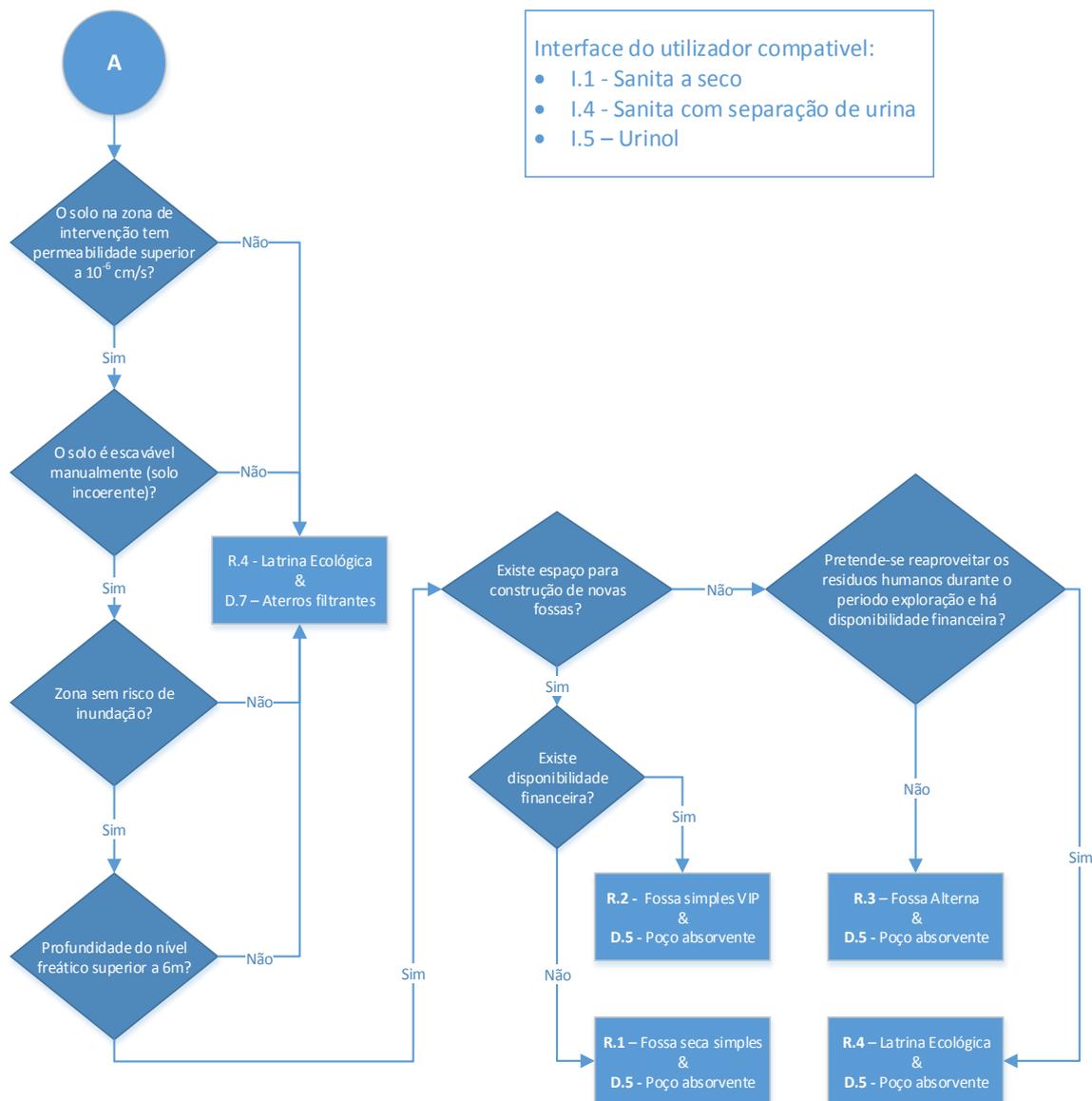


Figura 5.2: Definição da fase de Recolha e Tratamento Primário, dependendo das características físicas dos solos para sistemas a seco, A.

5.2.A.2 LIMPEZA E TRANSPORTE

Devido à consistência do tipo de resíduos a remover neste tipo de sistemas a limpeza terá sempre que ser com **Equipamento Manual (T.1)**. As distâncias a percorrer entre o órgão de recolha e o ponto de deposição/reutilização (por exemplo campos agrícolas) deverão ser contabilizadas para calcular o custo associado ao transporte.

5.2.A.3 TRATAMENTO COMPLEMENTAR

Após a escolha da tecnologia Recolha e Tratamento Primário passa-se à escolha do órgão de Tratamento Complementar.

A utilização do fluxograma da Figura 5.3 deve ser iniciado na tecnologia que resultou da análise da Figura 5.2. Caso o resultado do ponto 5.2.A.1 tenha sido a **Fossa Alternativa (R.3)** ou **Latrina ecológica (R.4)** então o sistema dispensa tratamento complementar e o leitor deve passar para o ponto 5.2.A.4. O mesmo se aplica caso tendo escolhido a **Fossa seca simples (R.1)** ou a **Fossa VIP (R.2)** e não se deseje reaproveitar os resíduos humanos para a agricultura. Caso contrário é necessário proceder ao tratamento das lamas fecais retiradas das fossas.

A escolha do tratamento complementar depende do desejo da comunidade ou não de integrar o tratamento dos seus resíduos domésticos biodegradáveis, provenientes por exemplo da preparação de alimentos. Caso isto se verifique então o método de tratamento complementar aconselhado será a **co-compostagem (D.3)**, caso contrário a escolha deverá recair sobre os **leitões de secagem com macrófitas (D.2)**. Este último tratamento requer grandes períodos de retenção que garantem que, ao ser removidas, as lamas já se encontram estabilizadas e não implicam qualquer risco para a saúde pública. Adicionalmente, a vegetação presente nestes leitões de secagem poderá ser desbastada periodicamente e poderá ser utilizada como forragem para gado (Gauss, 2008).

Quando comparando estes dois tipos de tratamento é importante referir que a **co-compostagem (D.3)** tem potencial para gerar mais postos de trabalho pois poderá integrar a gestão de resíduos sólidos e necessita de maiores cuidados durante a sua operação que os **leitões de secagem com macrófitas (D.2)**. Assim, a co-compostagem apresenta-se como uma oportunidade de negócio mas também implica uma maior capacidade técnica por parte da mão-de-obra.

Considera-se que, devido aos níveis de humidade presente na excreta nestes sistemas será improvável a formação de efluente em quantidade suficiente que justifique a construção de um **poço de infiltração (D.5)** para o seu tratamento. No entanto, se se constatar que o caudal produzido é em quantidade suficiente deve-se apostar na construção deste órgão de tratamento.

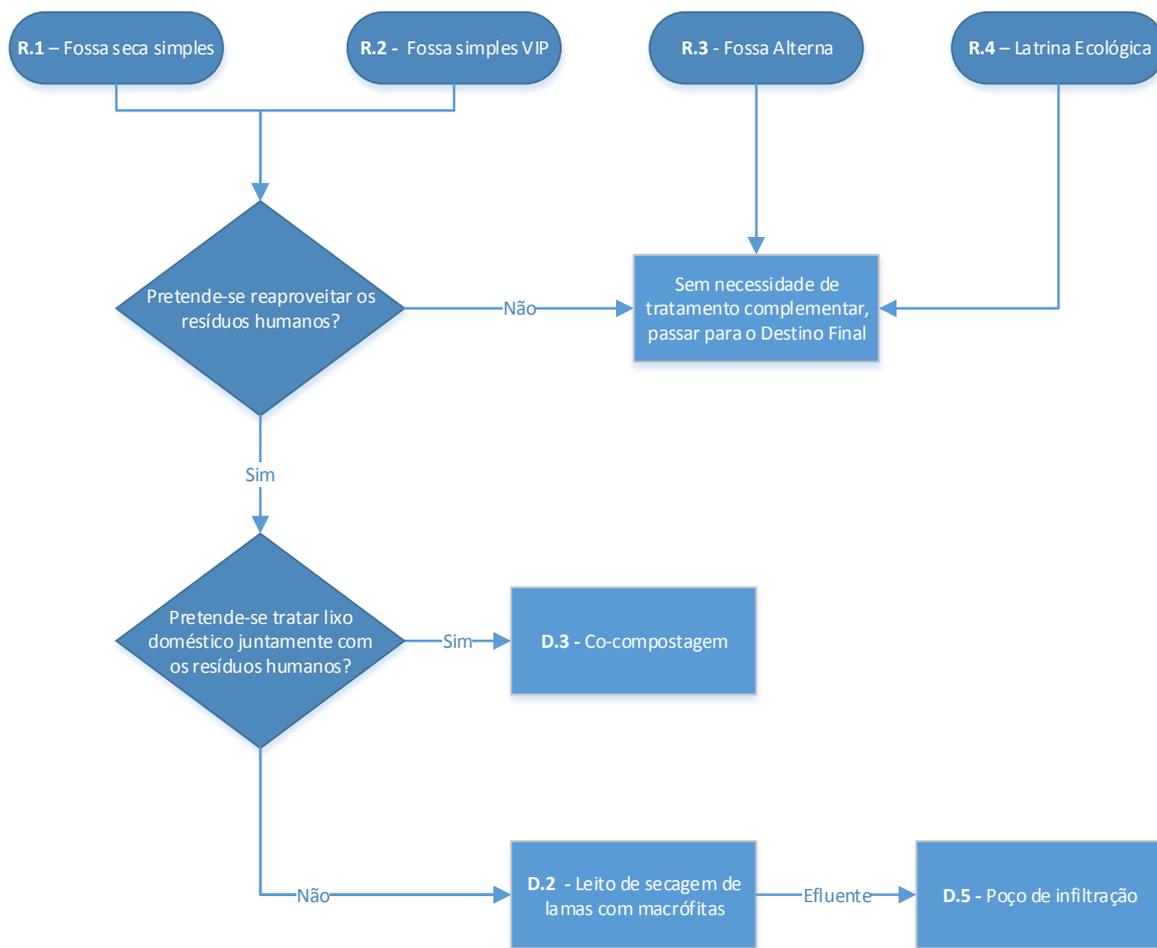


Figura 5.3: Definição da fase de Tratamento Complementar, dependendo dos órgãos de recolha para sistemas a seco, A.

5.2.A.4 DESTINO FINAL

O fluxograma apresentado na Figura 5.4 deverá ser iniciado a partir dos órgãos correspondentes aos resultados da análise dos passos anteriores. Os pontos anteriores deste modelo de decisão já encaminham a decisão no sentido do reaproveitamento, ou não, dos nutrientes provenientes dos desperdícios humanos.

Neste sistema poderão ser considerados como destino final o **aterro (F.1)** dos resíduos retirados das fossas e que não serão aproveitados, caso contrário os resíduos sólidos poderão ser utilizados após o devido tratamento, nomeadamente através da **reutilização (F.3)** na agricultura. Por outro lado quando se consideram fossas únicas estas poderão ser simplesmente **desativadas (F.2)**.

O efluente final sendo infiltrado através dos **poços de infiltração (D.5)** ou filtrado em **aterros filtrantes (D.7)**, o efluente será perdido para **recarga dos aquíferos (F.4)**, no caso dos aterros filtrantes poderá, ou não, ser reutilizado, por exemplo para **rega (F.7)**.

Para o caso dos solos permeáveis e de escavação fácil não se considerou a opção dos aterros filtrantes devido ao seu custo mais elevado, quando comparados com os poços de infiltração.



Figura 5.4: Definição e confirmação do destino final para sistemas a seco, A.

5.2.B DEFINIÇÃO DE SISTEMAS DE TRANSIÇÃO

Para a escolha de um sistema de transição é importante a identificação das características do solo e a dispersão das habitações entre si.

As características do solo a ser estudadas são:

- Existência de formações rochosas a pouca profundidade;
- Permeabilidade do solo superior a 10^{-6} cm/s (caso contrário os solos são considerados argilosos);
- Profundidade do nível freático.

Neste sistema considera-se somente o tratamento das águas negras. O seu tratamento poderá ser feito por completo no órgão de Recolha e Tratamento Primário, caso da **fossa dupla para descarga manual (R.7)**, ou então na fase de Tratamento Complementar. A permeabilidade dos solos é então um fator determinante para a escolha dos componentes destes sistemas. É ainda necessário ter informação sobre o historial de inundações da zona, estes eventos poderão por em risco o funcionamento das fossas, pondo a saúde pública em perigo devido à dispersão de matéria fecal.

A caracterização dos solos é importante tanto no contexto de eliminação patogénica e risco de contaminação do nível freático como em termos construtivos. A eliminação de patogénios é proporcional à permeabilidade dos solos e inversamente proporcional à dimensão da sua matriz granular, diminuindo o risco de contaminação dos aquíferos. Os resultados mais seguros são observados quando o nível freático se localiza a uma profundidade superior a 3m, a partir da base dos sistemas de infiltração, e os solos são permeáveis com uma matriz granular fina. (Tilley , et al., 2008). Caso as características do solo não sejam favoráveis não se deve recorrer a sistemas que dependem da infiltração da água negra. A infiltração de efluente em solos rochosos também não é possível. Por outro lado, a escavação de solos rochosos poderá não ser exequível pois necessita de meios mecânicos que dificilmente estarão disponíveis no, contexto das comunidades dos PALOP, a preços compatíveis com a capacidade financeira das povoações consideradas. Por outro lado, este tipo de solo não permite a infiltração da água.

O facto de estas tecnologias terem o seu funcionamento à base de água implica cuidados redobrados com a verificação das condições do solo na zona de implantação destas tecnologias. A existência de fissuras ou fendas nas rochas pode potenciar a contaminação dos aquíferos (Tilley , et al., 2008).

Nestes sistemas é essencial que seja previsto um sistema de remoção de lamas dos órgãos de recolha. As lamas deverão sempre ser alvo de tratamento

Dados a recolher...

- Tipo de solo;
- Profundidade do nível freático;
- Permeabilidade do solo;
- Averiguar a periodicidade de cheias na zona.
- Densidade populacional.
- Disponibilidade financeira da população.

complementar, após este tratamento poderão ser reutilizadas como fertilizantes agrícolas, reutilizando os nutrientes presentes nas lamas fecais.

5.2.B.1 RECOLHA E TRATAMENTO PRIMÁRIO / INTERFACE DO UTILIZADOR

Na Figura 5.5 é apresentado o fluxograma de decisão da tecnologia de Recolha e Tratamento Primário a utilizar para os **Sistemas de transição**. É importante não esquecer que os custos associados às diferentes tecnologias podem ser decisivos para a elaboração do sistema de saneamento. Este sistema de decisão tenta sempre direcionar o leitor para a opção menos dispendiosa.

Os métodos de recolha que são utilizados nestes sistemas poderão ser a **fossa séptica (R.5)**, a **micro fossa séptica (R.6)** e a **fossa dupla para descarga manual (R.7)**. Em relação ao interface do utilizador nestes sistemas, devido ao abastecimento de água costumeiro, só será possível considerar **sanitas com descarga manual (I.2)**.

Das referidas tecnologias somente a **fossa séptica (R.5)** se encontra preparada para o tratamento de maiores quantidades de água cinzenta juntamente com a água negra pelo que deverá ser adicionado um órgão de infiltração de águas cinzentas, **poço de infiltração (D.5)** ou um **aterro filtrante (D.7)**. Deste modo é possível garantir o tratamento das águas cinzentas provenientes de atividades domésticas como a preparação de alimentos, limpezas ou higiene pessoal. Estes órgãos são importantes para evitar a formação de poças de águas estagnadas junto das habitações. A água estagnada é um ambiente de proliferação de mosquitos que são transmissores de doenças como a malária ou o dengue (Huuhtanen & laukkanen, 2009).

Apesar de ser possível considerar sistemas de transição com separação de urina o seu custo de construção/aquisição é bastante elevado devido à complexidade do tipo de canalização necessária. Esta complexidade também aumenta o custo da sua manutenção. Nestes sistemas, caso se pretenda reutilizar a urina, aconselha-se a instalação de **urinóis (I.5)**² em edifícios públicos, outro local determinado pela comunidade ou nas habitações das famílias que o desejarem. Existem modelos de urinóis que poderão ser adaptados para a utilização por parte de mulheres.

Em relação à **fossa séptica (R.5)** é conveniente referir que poderá ser usada tanto a nível familiar como ao nível da comunidade. Sendo esta uma tecnologia de tratamento com um custo significativo, a construção de um sistema de tratamento comunitário poderá ter benefícios em termos do custo por pessoa associado à sua construção. Deste modo será necessário analisar a densidade habitacional. Em povoações muito dispersas a construção de uma fossa séptica comunitária não será viável devido à necessidade de construção de um sistema de esgoto comunitário com uma extensão considerável, por forma a ligar todas as habitações a este órgão de recolha. Assim, no caso de uma grande dispersão, seria necessário considerar a construção de fossas sépticas a nível familiar. No entanto é possível que esta solução não seja economicamente viável, devido ao elevado custo das fossas sépticas. Recomenda-se a construção de **micro fossas sépticas (R.6)** ou, se as características do terreno permitirem, **fossas duplas para descarga manual (R.7)** pois têm um menor custo associado.

² Consultar **Reutilização (F.3)** para informação adicional sobre a aplicação de urina na agricultura.

A conceção de esgotos comunitários sai do âmbito do presente trabalho, para informação detalhada sobre este tema recomenda-se a consulta de outras publicações tais como (Mara, 2001), (Bakalian, et al., 1994) and (UN-HABITAT, 1986).

Como já foi referido, as características do solo limitam a viabilidade da construção de **fossas duplas para descarga manual (R.7)**. O solo deve ter uma grande capacidade de infiltração e nível freático profundo, a existência de formações rochosas a pouca profundidade poderá inviabilizar a construção destes órgãos. Quando o terreno da zona de intervenção não é favorável à construção (solo rochoso ou nível freático elevado) recomenda-se a construção da **micro fossa séptica (R.6)** ao nível familiar. Esta tecnologia poderá ser construída sobre o solo e instalada dentro de casa.

Nem a **fossa séptica (R.5)** nem a **fossa dupla para descarga manual (R.7)** devem ser instaladas em zonas inundáveis devido ao elevado risco da entrada de águas pluviais que poderá por em causa o bom funcionamento destes órgãos e potenciando a contaminação da área circundante.

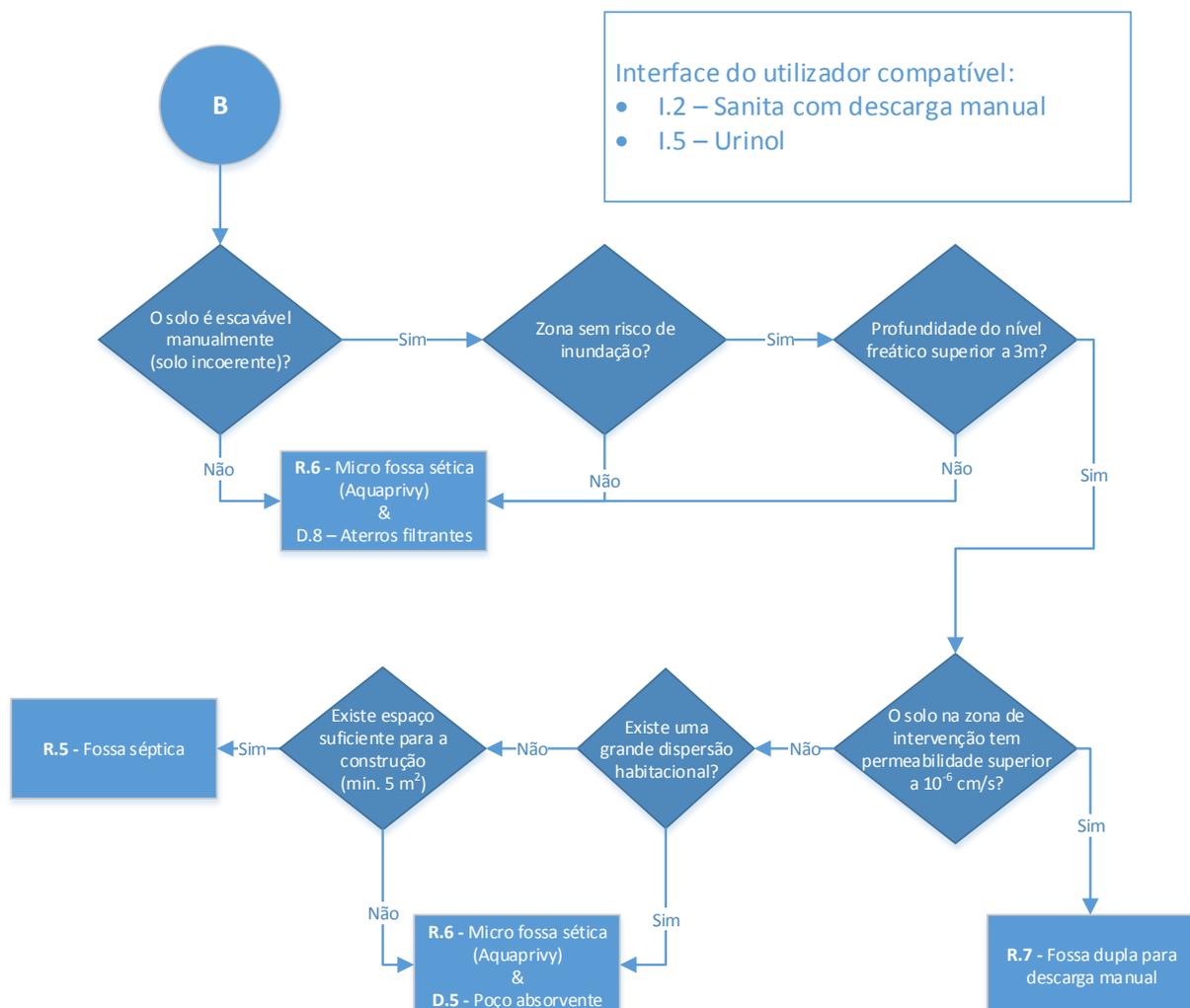


Figura 5.5: Definição da fase de Recolha e Tratamento Primário, dependendo das características físicas dos solos para sistemas de transição, B.

5.2.B.2 LIMPEZA E TRANSPORTE

A forma como é feita a remoção do material presente dentro das fossas depende essencialmente da sua consistência. Nos sistemas de transição existem essencialmente dois tipos de materiais diferentes: composto e lamas fecais.

O composto é formado nas **fossas duplas de descarga manual (R.7)** enquanto as lamas fecais são o resultado da sedimentação dos sólidos presentes na água que ocorre nas **fossas sépticas (R.5)** e nas **micro fossas sépticas (R.6)**. Dependendo do tempo de permanência dos sólidos, estes poderão ou não ser patogénios, nas fossas sépticas este período poderá chegar aos 5 anos. Os cuidados na remoção de lamas fecais de micro fossas sépticas deverão ser redobrados pois as lamas não estarão totalmente estabilizadas e o risco de contaminação é superior.

O composto terá que ser sempre removido recorrendo a baldes e pás, **equipamento manual (T.1)**, enquanto as lamas fecais estarão dependentes da disponibilidade financeira e da facilidade de acesso dos **equipamentos motorizados (T.2)**. Apesar de os equipamentos considerados neste trabalho serem de pequenas dimensões é importante que o sistema a desenvolver tenha em consideração a acessibilidade das fossas para a sua limpeza.

O composto retirado das **fossas duplas de descarga manual (R.7)** tem baixo potencial patogénico e não necessita de tratamento complementar.

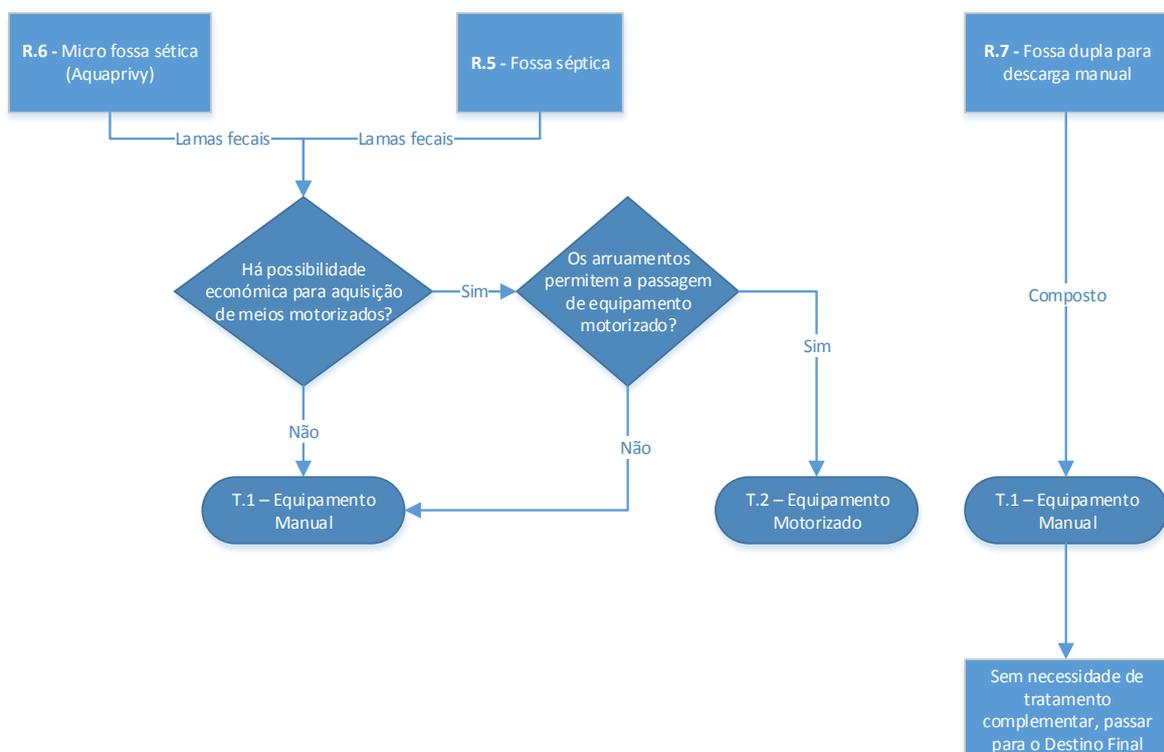


Figura 5.6: Definição da fase de Transporte, dependendo da situação económica e tecnologia previamente definida para os sistemas de transição, B.

5.2.B.3 TRATAMENTO COMPLEMENTAR

O tratamento complementar do tipo de tecnologias consideradas necessita de duas fases distintas: o tratamento da fase líquida e o tratamento da fase sólida. O fluxograma presente na Figura 5.7 apresenta o modelo de escolha para o tratamento complementar destes dois resíduos. Assim, a fase líquida proveniente de **micro fossas sépticas (R.6)** ou **fossa séptica (R.5)** deverá ser encaminhada para os órgãos de filtração ou infiltração através de tubagens, o seu diâmetro não deverá ser inferior a 100mm (Bartolomeu, 1996), enquanto a fase sólida será transportada para o órgão de tratamento complementar através do método escolhido em 5.2.B.2. Devido ao longo período de retenção o composto proveniente das **fossas duplas para descarga manual (R.7)** não necessita de tratamento complementar.

A escolha dos órgãos de tratamento complementar deve ter em conta a intenção de reutilização das lamas e efluentes, as características do solo serão também determinantes no processo de escolha.

Fundamentalmente, existem três alternativas para o tratamento das lamas fecais. O modo mais simples de tratamento é sugerido caso não se pretenda a sua reutilização, neste caso as lamas deverão ser simplesmente desidratadas de forma a reduzir o seu volume. A escolha entre **leitos de secagem de lamas simples (D.1)** e **leitos de secagem de lamas com macrófitas (D.2)** baseia-se essencialmente na aceitação por parte das comunidades deste tipo de construções. A utilização de macrófitas geralmente leva a uma melhor aceitação devido ao seu aspeto mais natural.

A reutilização das lamas surge também como oportunidade do tratamento do lixo doméstico orgânico, ou estrume animal, através da **co-compostagem (D.3)**. Neste caso será mais conveniente a utilização de **leitos de secagem de lamas simples (D.1)** pois necessitam de menores períodos de retenção melhorando assim o rendimento do processo de compostagem. Se a comunidade não demonstrar interesse no tratamento conjunto destes vários tipos de resíduos orgânicos então a solução recomendada será a utilização de **leitos de secagem de lamas com macrófitas (D.2)**, o seu longo tempo de retenção garante a higienização das lamas, pelo que, quando removidas apresentam uma consistência semelhante ao húmus e poderão ser reutilizadas como aditivo para os solos agrícolas sem qualquer risco para a saúde pública.

Os processos de tratamento de lamas libertam sempre um efluente que deverá ser alvo de tratamento complementar por si só. Caso seja possível, este efluente poderá ser tratado conjuntamente com a fase líquida proveniente do órgão de Recolha e Armazenamento.

O tratamento da fase líquida está profundamente relacionado com as características dos solos, os tratamentos do efluente recorrem à sua filtração ou infiltração. A última hipótese impossibilita o reaproveitamento do efluente tratado dado que este se infiltra no solo. Pelo que órgãos como **trincheiras de infiltração (D.4)** ou **poços de infiltração (D.5)** não poderão ser utilizados caso haja interesse na reutilização destas águas. As trincheiras de infiltração poderão ser utilizadas sempre que o terreno apresente condições de permeabilidade satisfatórias à superfície. Caso contrário, os poços de infiltração poderão ter profundidade suficiente para atingir camadas permeáveis mais profundas.

Os métodos de filtração da água residual implicam sempre a descarga do efluente tratado em cursos de água. No entanto poderão existir situações em que a descarga neste meio recetor não seja viável, a massa de água poderá ser muito sensível à poluição ou estar muito distante, nesses casos é aconselhável a utilização de **plataformas de evapotranspiração (D.8)**.

De modo análogo ao que acontece com o tratamento das lamas fecais, a aceitação por parte das comunidades é crucial. Assim, caso haja restrições estéticas os **leitos de macrófitas (D.9)** serão uma boa solução. Outra situação em que os leitos de macrófitas serão adequados será quando existem requisitos de qualidade para o efluente.

De outra forma, poderão ser consideradas soluções de filtração mais simples como **trincheiras filtrantes de areia (D.6)** ou **aterros filtrantes (D.7)**. A diferença entre estes dois métodos de filtração reside nas suas condições de aplicação, os aterros filtrantes deverão ser utilizados caso o solo seja rochoso e a sua escavação se torne muito dispendiosa ou caso o nível freático observado não seja suficientemente profundo.

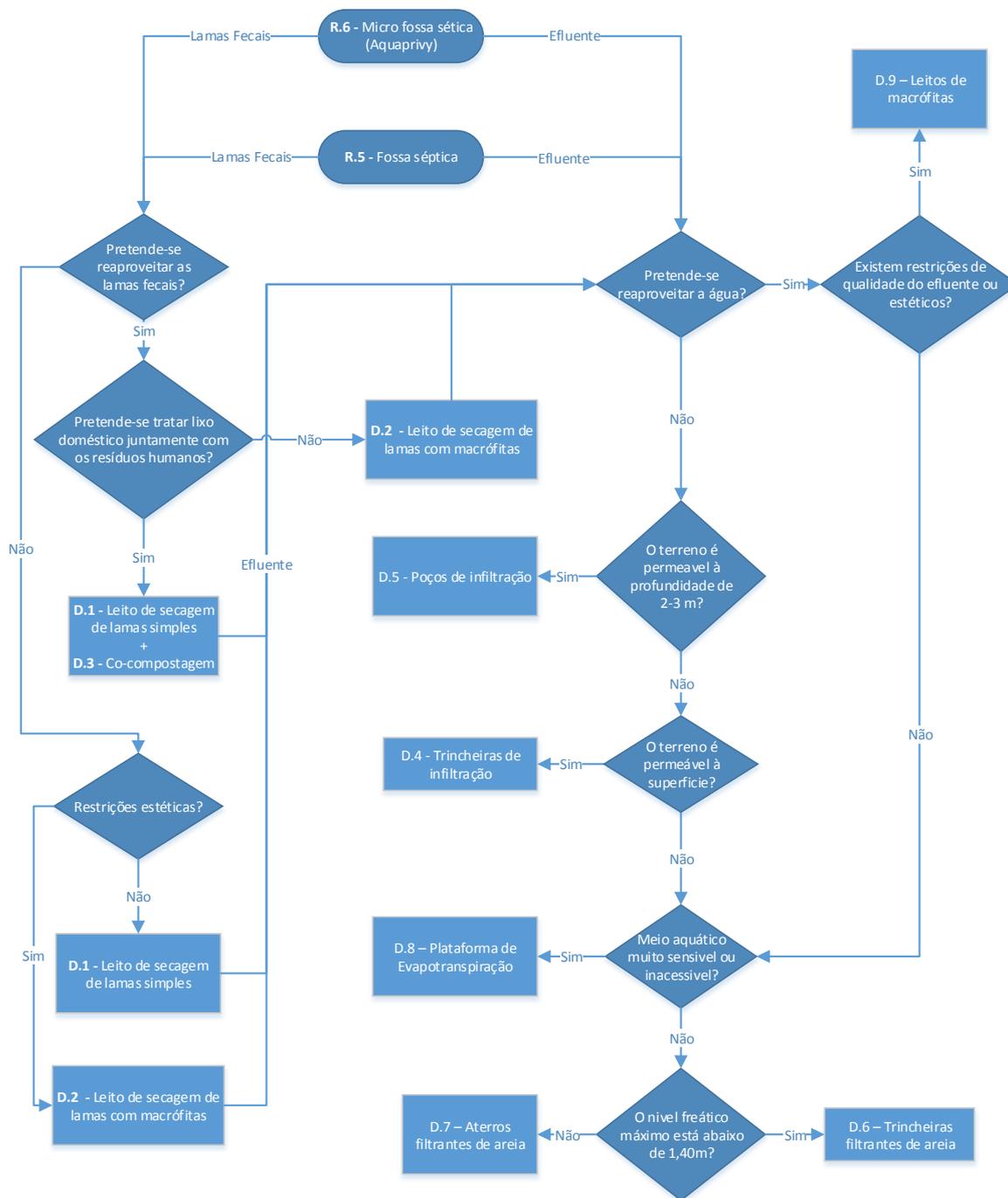


Figura 5.7: Definição da fase de Tratamento Complementar, dependendo dos órgãos de recolha e características físicas dos solos para sistemas de transição, B.

5.2.B.4 DESTINO FINAL

O destino final já estará em parte decidido em função das escolhas feitas na Figura 5.7. Assim, o fluxograma apresentado na Figura 5.9 apresenta-se dividido nas duas fases de tratamento distintas, líquida e sólida, tem como papel clarificar o destino final dos produtos do sistema de saneamento.

Na fase sólida considera-se que o composto produzido através de **co-compostagem (D.3)** será reutilizado na agricultura. Como já foi referido, o composto recolhido das **fossas duplas para descarga manual (R.7)** não representa risco de contaminação, logo poderá ser **reutilizado (F.2)** ou **aterrado (F.1)**, dependendo da aceitação que o composto tem por parte da comunidade em causa. O mesmo se aplica aos **leitos de secagem com macrófitas (D.2)**.

Relativamente à fase líquida, o destino final também já se encontra definido na maioria dos casos. Se forem utilizadas **plataformas de evapotranspiração (D.8)** não haverá qualquer efluente, dado que este será ou evapotranspirada pelas espécies vegetais aí presentes ou simplesmente evaporada através do solo. Assim, o destino final será a **atmosfera (F.6)**. Da mesma forma torna-se bastante claro que **órgãos de infiltração (trincheiras de infiltração (D.4) ou poços de infiltração (D.4))** só deverão ser usados se não houver interesse na reutilização do efluente tratado ou se não existirem condições para a sua reutilização.

Os órgãos de filtração possibilitam o reaproveitamento do efluente, por exemplo para **rega (F.7)** mas também poderão ser descarregados em massas de água existentes nas proximidades.

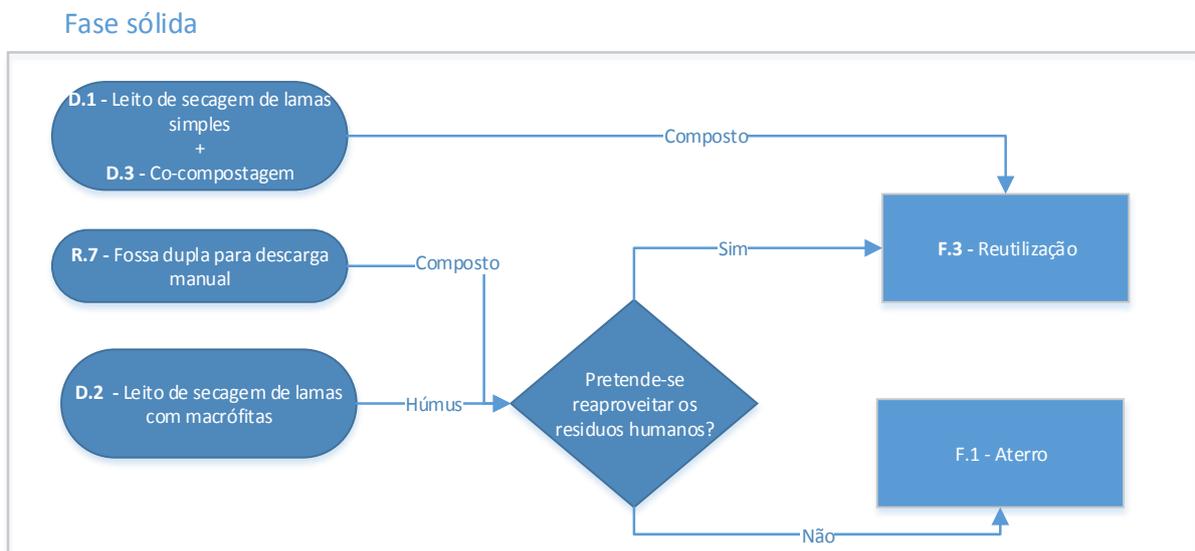


Figura 5.8: Definição e confirmação do destino final da fase sólida para sistemas de transição, B.

Fase Líquida



Figura 5.9: Definição e confirmação do destino final da fase líquida para sistemas de transição, B.

5.2.C DEFINIÇÃO DE SISTEMAS A ÁGUA

Neste tipo de sistemas é necessário analisar a área disponível para a implantação das tecnologias e o tipo de solo existente, todas as tecnologias são compatíveis com o tratamento de água cinzenta e água negra. Todas as opções de Recolha e Tratamento Primário necessitam de escavação pelo que neste caso o nível freático poderá influenciar bastante os métodos construtivos utilizados para a implantação destas tecnologias. Assim, a identificação das características do solo toma maior relevância somente para o estudo das opções de Tratamento Complementar, para esta fase da decisão deve ser estudada a **existência de formações rochosas** a pouca profundidade e a **permeabilidade do solo**.

Esta caracterização é importante nos contextos de eliminação patogénica e contaminação do nível freático; solos mais permeáveis garantem uma maior eliminação de patogénios pois atuam como filtros e eliminam a probabilidade de contaminação dos lençóis freáticos com matéria fecal, quanto menores as dimensões da matriz granular mais eficiente se torna a eliminação dos contaminantes (Tilley , et al., 2008). Caso isto não se verifique é possível utilizar tecnologias de filtração que não dependem das características do solo.

Finalmente, é necessário ter informação sobre o historial de inundações da zona, estes eventos poderão por em risco o funcionamento dos sistemas, pondo a saúde pública em perigo devido à dispersão de matéria fecal. Poderão ser feitas alterações ao dimensionamento dos diferentes órgãos por forma a melhorar o seu comportamento face às cheias.

Na Figura 5.10 é apresentado o fluxograma de decisão da tecnologia de Recolha e Tratamento Primário a utilizar para os **Sistemas a água**. É importante não esquecer que os custos associados às diferentes tecnologias podem ser decisivos para a elaboração do sistema de saneamento. O método de escolha proposto tenta encaminhar o leitor para o sistema mais económico.

Dados a recolher...

- Tipo de solo;
- Profundidade do nível freático;
- Permeabilidade do solo;
- Averiguar a periodicidade de cheias na zona.
- Existência de gado na zona.
- Densidade populacional.
- Disponibilidade financeira da população.

5.2.C.1. RECOLHA E TRATAMENTO PRIMÁRIO / INTERFACE DO UTILIZADOR

Os métodos de recolha que são utilizados nestes sistemas englobam o tratamento da água cinzenta juntamente com a água negra. Estes poderão ser a **fossa séptica (R.5)** e o **digestor anaeróbico com produção de biogás (R.8)**. Poderá ainda ser considerado o sistema de **lagoas de estabilização (D.9)**, esta solução só é viável para povoações com população superior a 100 habitantes (Bartolomeu, 1996) e contém em si o tratamento completo das águas residuais provenientes da povoação em estudo.

Apesar de ser possível considerar sistemas a água com separação de urina, o seu custo de construção/aquisição é bastante elevado devido à complexidade do tipo de canalização necessária, esta complexidade também aumenta o custo da sua manutenção, pelo que não se consideram neste trabalho. Nestes sistemas, caso se pretenda reutilizar a urina, aconselha-se a instalação de **urinóis (I.5)**³ em edifícios públicos, noutra local determinado pela comunidade ou nas habitações das famílias que o desejarem. Existem modelos de urinóis que poderão ser adaptados para a utilização por parte de mulheres.

Os órgãos de recolha mencionados, à exceção da **fossa séptica (R.5)** devem ser utilizados no contexto da população, ou bairros, de outra forma não serão tecnicamente viáveis. Este facto faz com que seja necessária a construção de um sistema de esgoto comunitário, por forma a ligar todas as habitações a este órgão de recolha, no entanto esta técnica sai do âmbito do presente trabalho, para informação detalhada sobre este tema recomenda-se a consulta de outras publicações tais como (Mara, 2001), (Bakalian, et al., 1994) and (UN-HABITAT, 1986).

O **digestor anaeróbico com produção de biogás (R.8)** é recomendado essencialmente para zonas em que, para além do fácil acesso a água, exista gado, segundo Heegde, et al. (2007) serão necessárias 3 a 4 cabeças de gado em estábulos, por família, para gerar a quantidade de estrume necessária para produzir o volume de biogás que torne as instalações economicamente viáveis, 0,8 a 1,0 m³/dia por família. Esta é a quantidade que permite aproximadamente a utilização de um fogão de cozinha durante duas a três horas por dia o que será suficiente para a preparação de alimentos. Esta é uma tecnologia que é largamente utilizada na Ásia (China e Índia têm um elevado número de existências deste tipo de sistemas) no entanto em África a sua utilização é bastante rara. Segundo a mesma fonte os PALOP não aparentam ter um grande potencial para a disseminação de programas de construção generalizada de digestores com produção de biogás. Ainda assim considera-se que esta será uma hipótese a considerar para casos isolados, em que se verifiquem as condições necessárias para a sua aplicação.

A produção de biogás tem a vantagem de garantir um certo nível de independência financeira por parte da comunidade, para além de ser utilizado para a preparação de alimentos o biogás também pode ser utilizado para iluminação, ou aquecimento, quando se justifique. A utilização de biogás também reduz/substitui a utilização de biomassa para fins energéticos (madeira e estrume), sendo que biomassa tem caracteristicamente uma baixa eficiência e liberta gases que poderão ser nocivos para a saúde.

A produção de biogás poderá ajudar a solucionar, pelo menos, em parte o difícil acesso a fontes de energia existente em comunidades mais remotas.

³ Consultar **Reutilização (F.3)** para informação adicional sobre a aplicação de urina na agricultura.

Em relação à **fossa séptica (R.5)** dependendo da densidade populacional, poderá ser usada tanto a nível familiar como ao nível da comunidade. Sendo esta uma tecnologia de tratamento com um custo significativo, a construção de um sistema de tratamento comunitário poderá ter benefícios no tocante aos seus encargos por pessoa associados à sua construção e manutenção. Em povoações muito dispersas a construção de uma fossa séptica comunitária não será viável devido à necessidade de construção de um sistema de esgoto comunitário com uma extensão considerável, por forma a ligar todas as habitações a este órgão de recolha. Assim, no caso de uma grande dispersão, será necessário considerar a construção de fossas sépticas a nível familiar, isto também implica que o sistema de tratamento complementar, pelo menos para o efluente deste órgão de tratamento primário, apresentado em 5.2.C.3 também terá que ser familiar.

Neste modelo de apoio à decisão é ainda mencionada a diferença de dimensionamento em relação ao número de compartimentos a considerar na **fossa séptica (R.5)**, dependendo da população servida por este órgão. Para populações superiores a 100 habitantes será recomendável a construção de uma fossa séptica com três compartimentos (Morais, 1962).

Nesta fase do modelo de decisão as características do solo só são avaliadas para a viabilidade da execução dos sistemas com **lagoas de estabilização (D.9)** isto porque a escavação do terreno para a implantação de órgãos de tratamento primário será, à partida, inevitável. No entanto as lagoas de estabilização implicam grandes volumes de escavação pelo que o tipo de terreno tem uma grande influência no seu custo de execução. Neste caso também é pertinente estudar a permeabilidade do solo, solos impermeáveis tornam a construção deste tipo de sistema de tratamento mais económica. Esta solução está dependente da disponibilidade de uma grande área para implantação das lagoas. O nível freático também é decisivo para aplicabilidade deste sistema de tratamento. Devido à existência de maus cheiros e possibilidade de proliferação de insetos, estes terrenos devem estar a alguma distância do núcleo residencial da povoação. As especificidades deste sistema serão discutidas em 5.2.C.3.

No entanto o nível freático também terá que ser tido em conta aquando da construção dos outros tipos de órgão de recolha, se for de baixa profundidade então será necessário garantir que a estrutura do órgão de recolha é suficientemente pesada para combater o impulso hidráulico existente. Por exemplo em operações de manutenção, se o peso próprio da estrutura não for suficiente, esta poderá ser impelida para a superfície através do impulso hidráulico gerado pelo nível freático elevado.

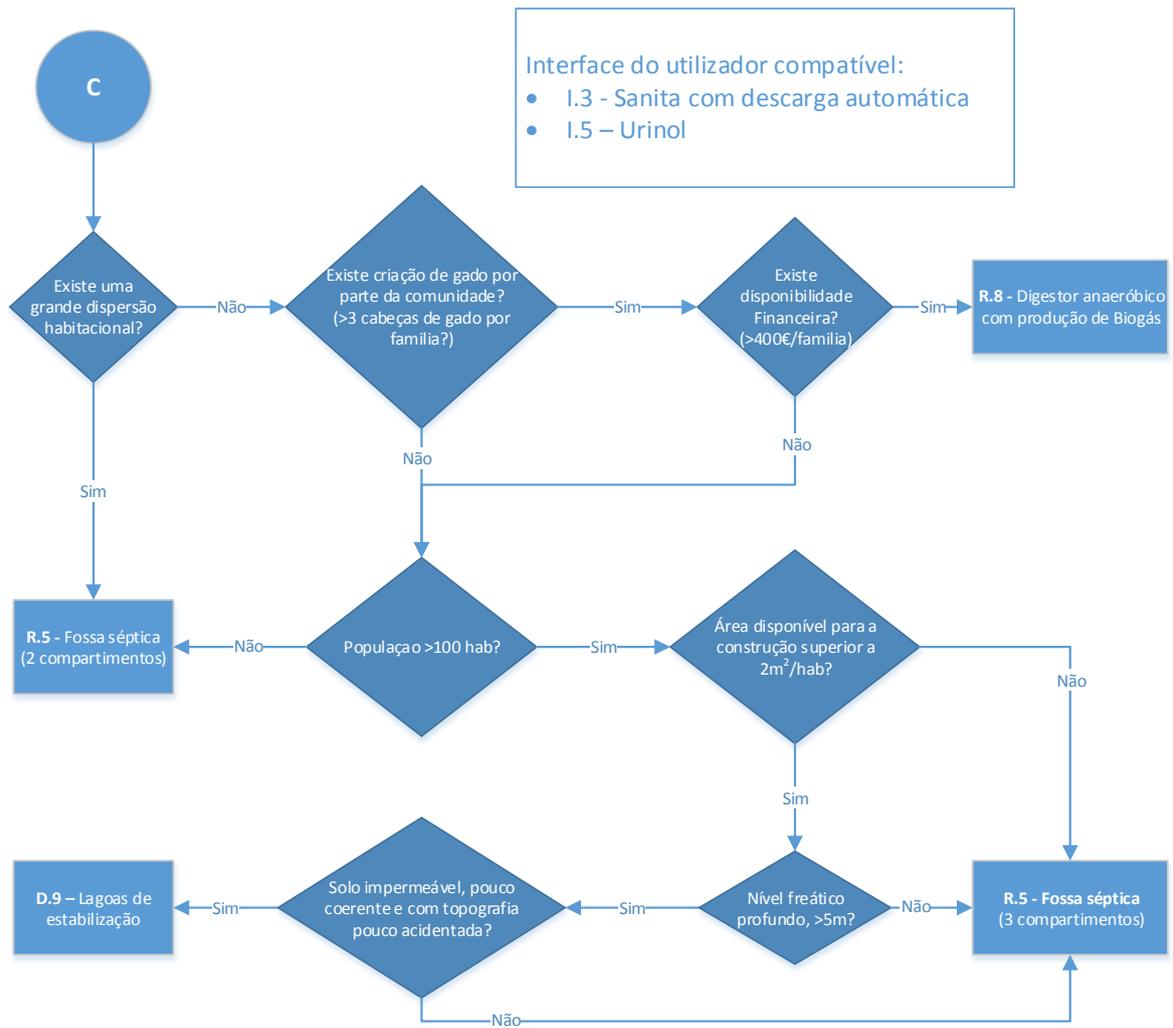


Figura 5.10: Definição da fase de Recolha e Tratamento Primário, dependendo das características físicas dos solos para sistemas a água, C.

5.2.C.2. LIMPEZA E TRANSPORTE

Um dos pontos cruciais da sustentabilidade deste tipo de sistemas é a existência de um serviço de limpeza dos órgãos de recolha e transporte dos resíduos daí removidos. Para o caso dos sistemas a água o material removido das **fossas sépticas (R.5)**, dos **digestores anaeróbicos com produção de biogás (R.8)** e das **lagos de estabilização (D.9)** são lamas fecais estabilizadas. Na Figura 5.11 apresenta-se o fluxograma que auxilia a escolha do método de limpeza e transporte nos sistemas a água.

Estas lamas são o resultado da sedimentação dos sólidos presentes na água que ocorre nos órgãos de recolha, este material poderá ser removido utilizado tanto **equipamento manual (T.1)** como **motorizado (T.2)**. Neste caso a limitação para a escolha da tecnologia prende-se com a disponibilidade financeira existente para a aquisição dos equipamentos de remoção das lamas fecais mas também com a profundidade dos órgãos de recolha, alguns dos **equipamentos manuais (T.1)** só são compatíveis com profundidades não superiores a 2m o que os torna pouco indicados para a limpeza de **digestores anaeróbicos com produção de biogás (R.8)** ou **fossas sépticas (R.5)** de maior dimensão.

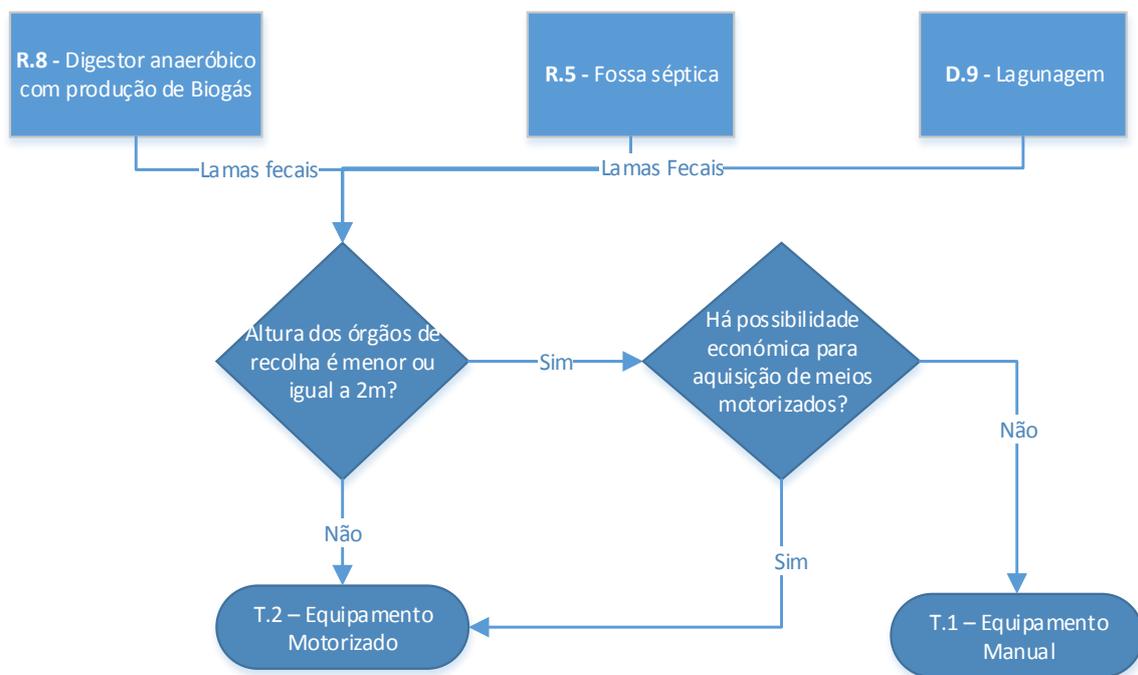


Figura 5.11: Definição da fase de Transporte, dependendo da situação económica e tecnologia previamente definida para os sistemas a água, C.

5.2.C.3. TRATAMENTO COMPLEMENTAR

O tratamento dos sistemas a água tem os mesmos pressupostos que o descrito para os sistemas de transição em 5.2.B.3. Na Figura 5.12 apresenta-se o modelo de decisão mas recomenda-se ao leitor que consulte secção mencionada para a descrição do modelo de escolha. Na Figura 5.13 está também representada a sequência de tratamento considerada para as lagoas de estabilização.

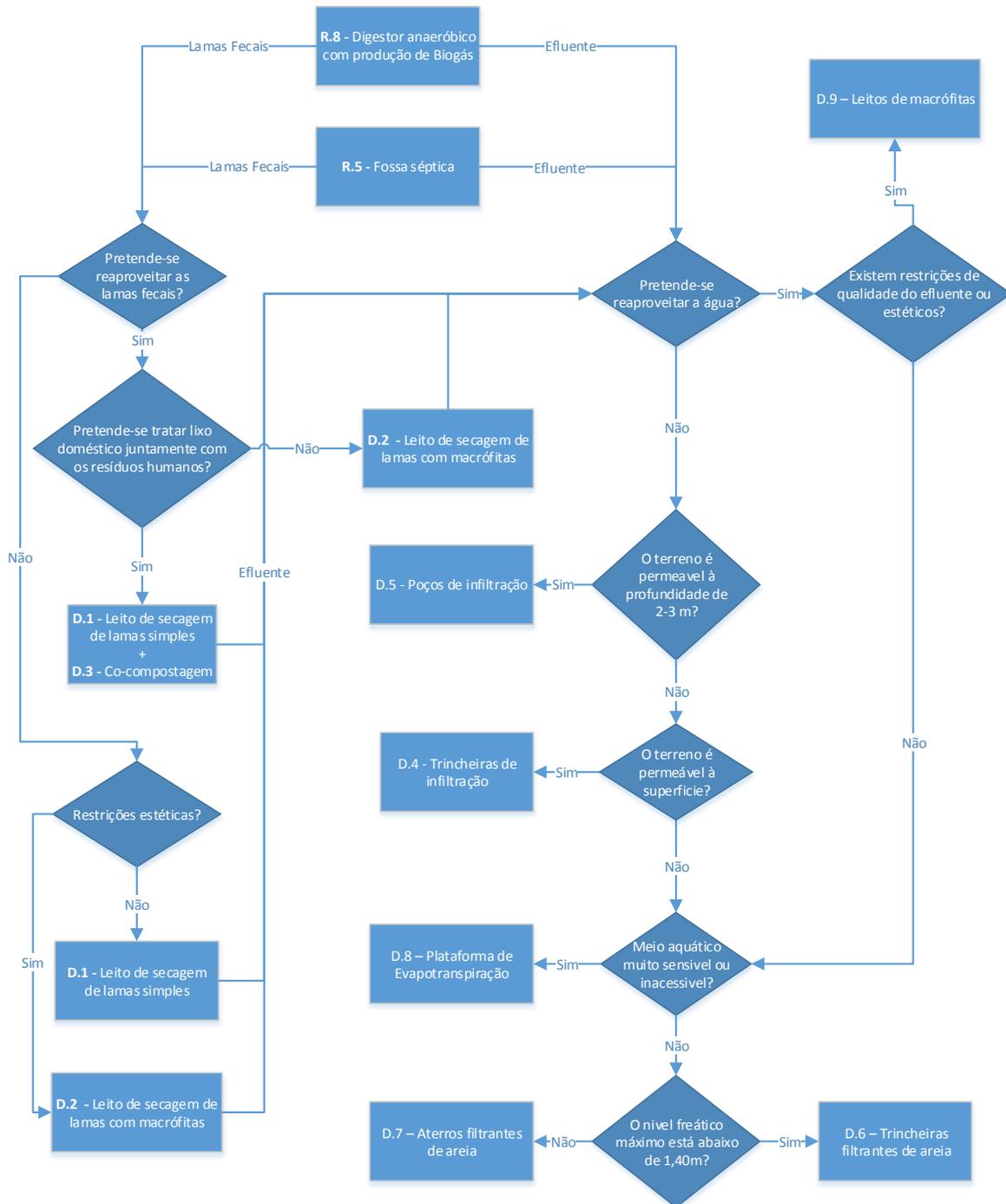


Figura 5.12: Definição da fase de Tratamento Complementar, dependendo dos órgãos de recolha e características físicas dos solos para sistemas a água, C.

As **lagoas de estabilização (D.9)** deverão ser compostas por um encadeamento de, no mínimo, dois tipos de lagoa diferentes: uma lagoa de maturação e uma lagoa facultativa. Existe ainda um terceiro tipo de lagoas, as lagoas de maturação. Estas últimas deverão ser utilizadas caso se pretenda um nível de eliminação patogénica elevado ou o meio recetor seja muito sensível. De outra forma o efluente poderá ser descarregado no meio recetor após o tratamento na lagoa facultativa.

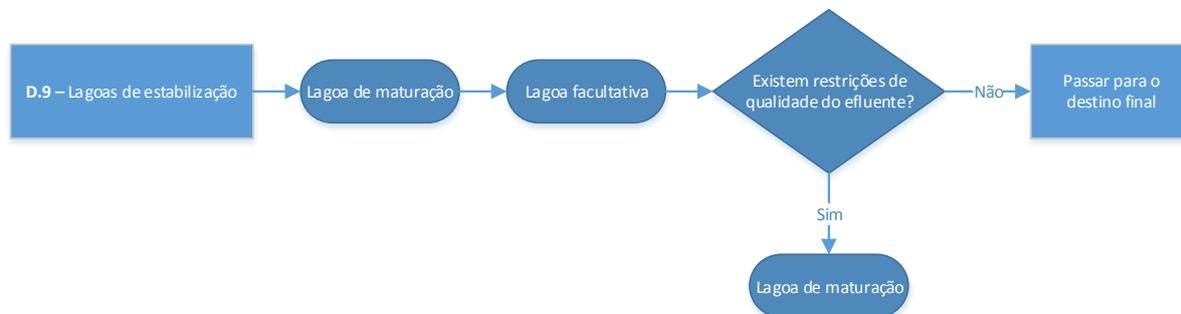


Figura 5.13: Sequência de tratamento para as lagoas de estabilização.

5.2.C.4. DESTINO FINAL

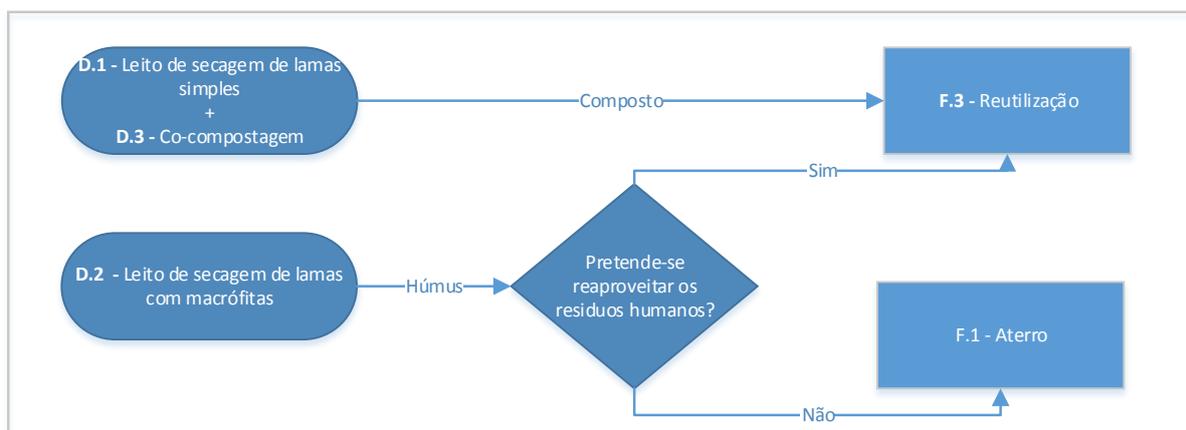
O destino final já estará em parte decidido em função das escolhas feitas na Figura 5.7. Assim, o fluxograma apresentado na Figura 5.9 apresenta-se dividido nas duas fases de tratamento distintas, líquida e sólida, tem como papel clarificar o destino final dos produtos do sistema de saneamento.

Na fase sólida considera-se que o composto produzido através de **co-compostagem (D.3)** será reutilizado na agricultura. No caso dos **leitões de secagem com macrófitas (D.2)** não existe risco de contaminação, logo o material tipo húmus recolhido poderá ser **reutilizado (F.2)** ou **aterrado (F.1)**, dependendo da sua aceitação por parte da comunidade em causa.

Relativamente à fase líquida, o destino final também já se encontra definido na maioria dos casos. Se forem utilizadas **plataformas de evapotranspiração (D.8)** não haverá qualquer produto dado que o efluente será evapotranspirado pelas espécies vegetais aí presentes, ou evaporada através do solo. Assim, o destino final será a **atmosfera (F.6)**. Da mesma forma torna-se bastante claro que **órgãos de infiltração (trincheiras de infiltração (D.4) ou poços de infiltração (D.4))** só deverão ser usados se não houver interesse na reutilização do efluente tratado ou se não existirem condições para a sua reutilização.

Os **órgãos de filtração** e as **lagoas de estabilização (D.10)** possibilitam o reaproveitamento do efluente, por exemplo para **rega (F.7)**, mas também poderão ser descarregados em massas de água existentes.

Fase sólida



Fase líquida

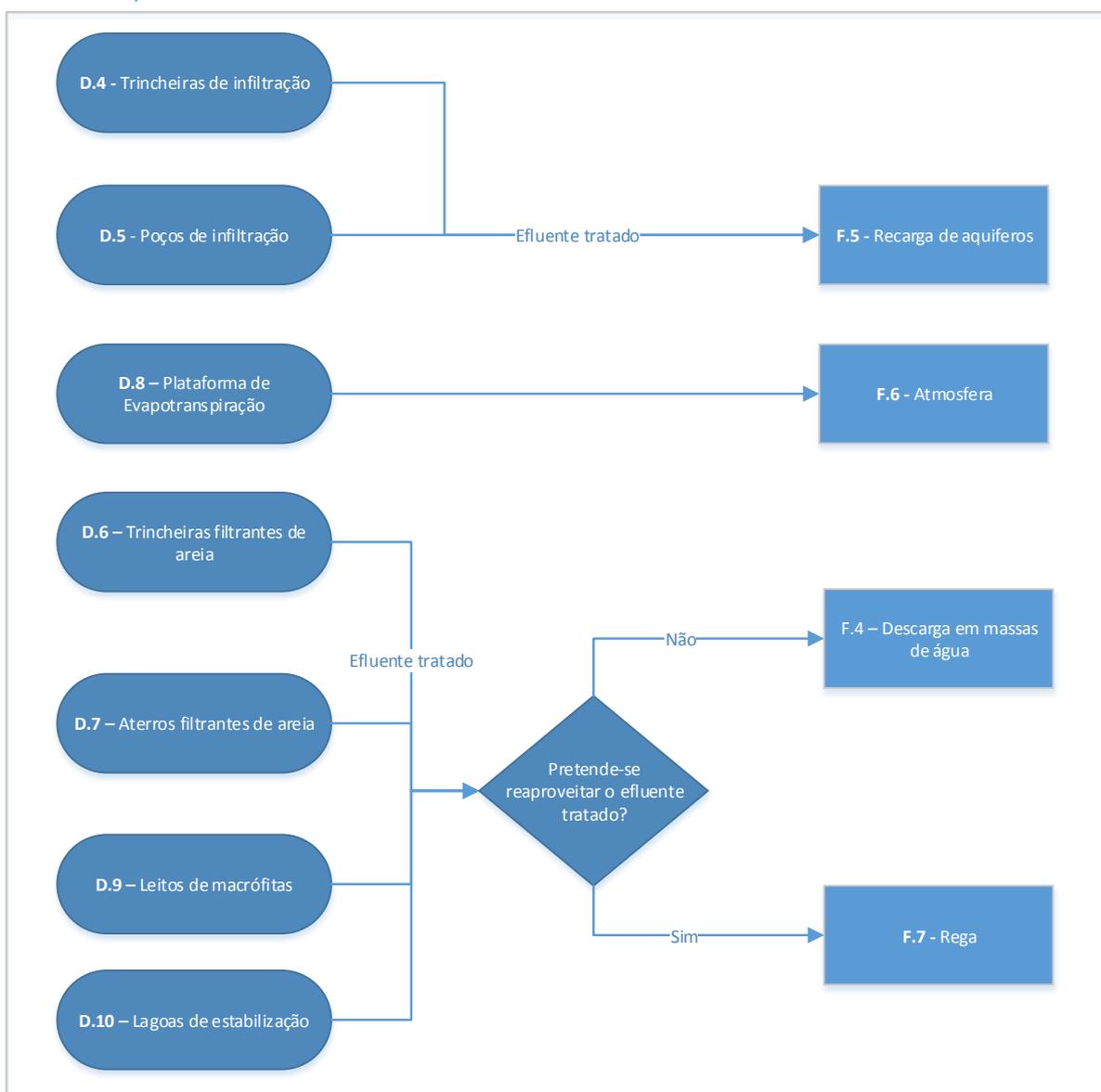


Figura 5.14: Definição e confirmação do destino final para sistemas a água, C.

5.3. CARACTERIZAÇÃO DA POPULAÇÃO

Apresenta-se a ficha de caracterização da população que deverá ser preenchida aquando da aplicação do modelo de apoio à decisão

População total	(hab)
Número de famílias/habitações	(-)
Área da povoação	(ha)
Densidade populacional	(hab/ha)
Disponibilidade financeira média	(\$/semana)
Famílias com mais posses	(\$/semana)
Famílias mais desfavorecidas	(\$/semana)
Capitação média	(l/dia/hab)
Área média disponível dentro dos limites da povoação	(ha)
Área média disponível por família	(m ²)
Distância média entre habitações	(m)
Existência de gado	(-)
Nº de cabeças de gado/família	(-)
Zona Inundável	(-)
Periodicidade da inundaçã	(meses)
Tipo de solo	(-)
Velocidade de percolação	(cm/s)
Profundidade do nível freático	(m)
Existem limites regulamentares para a descarga de efluentes?	(-)
CBO	(mg/L)
CQO	(-)
E.coli	(mg/L)
Coliformes totais	

6. SÍNTESE, CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O saneamento está na base do direito à dignidade e é o primeiro passo para a melhoria da saúde. É com base nestes princípios que o saneamento integra os ODM, a pouco mais de um ano para o final do período em que estes objetivos deviam ser atingidos, o saneamento continua longe de atingir as metas propostas pela comunidade internacional. África continua a ser o continente que se apresenta mais longe de satisfazer as metas do ODM. No caso particular dos PALOP, uma percentagem significativa da população ainda não tem acesso ao saneamento melhorado e existem grandes discrepâncias entre o cenário urbano e o rural onde a defecação a céu aberto é largamente praticada.

A intervenção nestes países é por isso urgente. O facto destes países terem uma situação económica delicada, marcada por grandes discrepâncias entre diferentes estratos sociais e áreas urbanas e rurais, faz com que a problemática do saneamento não possa ser abordada da mesma forma que nos países desenvolvidos. O tratamento centralizado é demasiado dispendioso para estas comunidades e conduz a elevados consumos de água, irrealistas nestas áreas climáticas. Assim, para agregados populacionais de pequena dimensão, devem ser consideradas soluções de saneamento descentralizadas e que não consideram a água para o seu funcionamento, ou necessitam de pequenas quantidades.

A água está fortemente ligada à ideia de higiene e limpeza, no entanto é importante compreender que o facto dos sistemas a seco não considerarem grandes quantidades de água não põe em causa as suas condições higiénicas, estas I.S. podem ser tão confortáveis como I.S. a água, que são a norma nos países desenvolvidos. Aliás, o facto dos sistemas locais de saneamento facilitarem o reaproveitamento de nutrientes e, no caso dos sistemas a seco, minimizarem as captações de água, faz com que comecem a surgir, em países desenvolvidos do norte da Europa, como a Suécia. Neste país a implementação e utilização está a ser disseminada e está a ser criada legislação reguladora para o seu dimensionamento e utilização (Kvarnström, et al., 2011).

Para além das claras melhorias para a saúde pública que um sistema de saneamento proporciona às populações, também poderá ter efeitos profundos na própria sociedade pois as pessoas tornam-se mais produtivas e empreendedoras, devido à melhoria da sua saúde (WHO, 2006). A construção dos próprios sistemas de saneamento traz oportunidades de negócio para a comunidade e pode contribuir para a produtividade agrícola. Estes fatores contribuem para que as comunidades consigam desenvolver-se económica e socialmente de uma forma mais sustentável.

Em termos da constituição de um sistema local de saneamento existem diversas soluções de recolha e tratamento. Escolher o sistema de saneamento mais adequado para cada situação implica a ponderação de muitas variáveis pelo que este processo nem sempre é simples. Os sistemas escolhidos devem estar de acordo com as condições geológicas do local, com o conhecimento técnico existente e com a disponibilidade financeira da comunidade. O facto de existirem inúmeras variações das tecnologias, em especial das fossas, torna qualquer processo de escolha um compromisso entre as soluções e as preferências dos utilizadores.

Através da pesquisa efetuada foi notória a falta de informação específica sobre os PALOP, no que respeita a níveis de serviço, captação e soluções técnicas implementadas. Uma análise sobre os tipos de saneamento que

seriam mais facilmente aceites nestas comunidades constituiria um importante contributo para este tipo de trabalho. Uma base de dados de custos, com valores unitários em função da tecnologia e população servida, seria contribuição importante para o sistema de apoio à decisão.

Em comparação com países como o Zimbabué (Morgan, 2007) ou o Gana (Strauss & Montenegro, 2004), existe muito pouca informação sobre a existência ou funcionamento e aceitação deste tipo de sistemas nos PALOP. Assim, a produção de material com informação mais concreta sobre a realidade destes países também seria vantajosa no que toca à previsão de custos, tanto relativamente à sua construção quanto à manutenção e aceitação por parte da comunidade.

Seria naturalmente interessante dispor de resultados analíticos de custo, referentes ao desempenho, em locais dos PALOP, em particular referentes a tecnologias de estabilização de lamas/excreta ou da urina em função da temperatura e da carga orgânica.

Estas são lacunas que estudos futuros poderão colmatar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albuquerque, C. d., 2012. *On the right track - Good practices in realising the rights to water and sanitation*. Lisboa: s.n.
- Bakalian, A., Wright, A., Otis, R. & Azevedo Netto., J., 1994. *Simplified sewerage: design guidelines*. *Water and Sanitation Report No. 7*. Washington: The World Bank / UNDP.
- Bartolomeu, F. A., 1996. *Tecnologias de drenagem e tratamento de águas residuais apropriadas a aglomerados até 5.000 habitantes*. Lisboa: Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.
- Bharadwaj, S. & Patkar, A., 2004. *MENSTRUAL HYGIENE AND MANAGEMENT IN DEVELOPING COUNTRIES: TAKING STOCK*. Mumbai: Junction Social.
- Black, M. & Fawcett, B., 2008. *The Last Taboo: opening the door on the global sanitation crisis*. Oxon: Earthscan.
- Boseley, S., 2007. Sanitation rated the greatest medical advance in 150 years. *The Guardian*, 19 January.
- Brettel, M., 2013. *Development of cost functions for sanitation systems for the CLARA simplified planning tool*. Vienna: s.n.
- Burgers, L., 2003. *Background and Rationale for School Sanitation and Hygiene Education*. New York: UNICEF.
- Faria, A. S. L. D. & Beja Neves, M. E. D. C., 1983. *Sistemas de Abastecimento de Água e Evacuação de Excreta em Zonas Rurais e Pequenas Comunidades*. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil.
- Franceys, R., Pickford, J. & Reed, R., 1992. *A guide to the development of on-site sanitation*. England: World Health Organization.
- Freire, S., 2012. *Abastecimento de água e saneamento na Comunidade de Países de Língua Portuguesa*. Lisboa: Instituto Superior Técnico.
- Gauss, M., 2008. *Constructed Wetlands: A promising wastewater treatment system for small localities - Experiences from Latin America*. Peru: WSP.
- Heegde, F. t. & Sonder, K., 2007. *Biogas for better life - An African Initiative*. s.l.:SNV e International Institute of Tropical Agriculture.
- Hemkendreis, B. & Güdel, K., 2008. *Sandec Training Tool 1.0 – Module 6: Solid Waste Management*. Dübendorf: Eawag/Sandec.
- Hemkendreis, B., Henseler, M. & Güdel, K., 2008. *Sandec Training Tool 1.0 – Module 5: Faecal Sludge Management (FSM)*. Dübendorf: Eawag/Sandec.
- Hoffmann, H., Platzer, C., Winker, M. & Muench, E. v., 2011. *Technology review of constructed wetlands - Subsurface flow constructed wetlands for greywater and domestic wastewater treatment*. Eschborn: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.

- Huhtanen, S. & Laukkanen, A., 2009. *A guide to sanitation and hygiene in developing countries*. Tampere: Global Dry Toilet Association of Finland, Tampere University of Applied Sciences.
- Ideas at Work, 2007. *The 'Gulper' – a manual latrine/drain pit pump*. [Online]
Available at: <http://www.ideas-at-work.org/>
[Acedido em 23 Fevereiro 2013].
- ISO, 2013. *Guidelines for the management of basic on-site domestic wastewater services (working draft)*. s.l.:ISO.
- Issaias, I., 2006. *UN-HABITAT - Vacutug*. s.l.:UN-HABITAT.
- Kivaisi, A. K., 2001. The potential for constructed wetlands for wastewater treatment and reuse in developing countries: a review. *Ecological Engineering*, 1 February, Volume 16, p. 545–560.
- Kossmann, W. et al., 1997. *Biogas Digest Volume II - Biogas - Application and Product Development*. s.l.:ISAT & GTZ.
- Kvarnström, E. et al., 2011. The sanitation ladder – a need for a revamp?. *Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development*, Issue WASH.
- LCS ProMotion, 2010. [Online]
[Acedido em 2 Maio 2013].
- Mara, D. D., 2001. *Simplified Sewerage*. [Online]
Available at: <http://www.efm.leeds.ac.uk/CIVE/Sewerage/>
[Acedido em August 2013].
- Matos, J. S. & Ferreira, F. S., 2012. *Estações de tratamento de águas residuais para pequenos aglomerados. Orientações de conceção e dimensionamento*. Lisboa: Instituto Superior Técnico, Departamento de Engenharia Civil, Arquitectura e Georrecursos.
- Megre, F. M. d. L. d., 1982. *Sistemas de abastecimento de Água e Evacuação de Excreta em Pequenas Comunidades e Zonas Rurais*. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil.
- Meyer, C., 2012. *Sophia's Struggle*. s.l.:SWASH+.
- Monvois, J., Gabret, J., Frenoux, C. & Guillaume, M., 2010. *How to select appropriate technical solutions for sanitation*. s.l.:Cotonou and Paris: Partenariat pour le Développement Municipal (PDM) and Programme Solidarité Eau.
- Morais, Á. Q. d., 1962. *Depuração dos Pequenos Aglomerados Populacionais e Habitações Isoladas*, Lisboa: s.n.
- Morgan, P., 2007. *Toilets That Make Compost - Low-cost, sanitary toilets that produce valuable compost for crops in an African context*. Harare, Zimbabwe: Aquamor.
- Morgan, P., 2011. *The Blair VIP Toilet - Manual for the upgradeable BVIP model with spiral superstructure and tubular vent pipe*. Harare, Zimbabwe: Aquamor.

Nzatuzola, J. B. L., 2011. Crescimento da população em Angola; "Um olhar sobre a situação e dinâmica populacional de Luanda". *Revista de Estudos Demográficos*, Issue 49.

Parry-Jones, S., Scott, R. & Cairncross, S., 2005. *On-site sanitation in areas with a high groundwater table*. [Online] Available at: <http://www.lboro.ac.uk/well/resources/fact-sheets/fact-sheets-htm/lcsahgt.htm> [Acedido em 29 09 2013].

Sasse, L., 1998. *DEWATS - Decentralised Wastewater Treatment in Developing Countries*. Bremen: BORDA.

SBI Consulting, 2013. *Phasing Out Subsidies*. [Online] Available at: <http://www.sanplat.se/index.php/phasing-out-subsidies.html>

SIWI, 2005. *Securing Sanitation - The compelling case do adress the crisis*. Stockholm: SIWI.

Steiner, M., Montanegro, A., Koné, D. & Strauss, M., 2002. *Economic Aspects of Low-cost Faecal Sludge Management: Estimation of Collection, Haulage, Treatment and Disposal/Reuse Cost*. s.l.:EAWAG/SANDEC.

Stenström, T. . A., Seidu, R., Ekane, N. & Zurbrügg, . C., 2011. *Microbial Exposure and Health Assessments in Sanitation Technologies and Systems*. EcoSanRes Programme : Stockholm .

Strauss, M. & Montanegro, A., 2004. *Faecal Sludge Management Review of Practices, Problems and Initiatives*. s.l.: EAWAG/SANDEC.

Sulabh International, 2012. *Sulabh International Social Service Organisation*. [Online] Available at: <http://www.sulabhinternational.org/content/two-pit-system> [Acedido em 23 Abril 2013].

SuSanA, 2013. *Sustainable Sanitation Alliance*. [Online] Available at: <http://www.susana.org>

The World Bank, 2013. *World Bank Open Data*. [Online] Available at: <http://data.worldbank.org> [Acedido em Novembro 2013].

Tilley , E. et al., 2008. *Compendium of Sanitation Systems and Technologies*. Dübendorf, Switzerland: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Tecnology (Eawag).

Torondel, B. & Jeandron, A., 2012. *Menstrual hygiene: Breaking the silence* [Entrevista] (28 Maio 2012).

Toubkiss, J., 2010. *How to manage public toilets and showers*. CMS: s.n.

UN Millennium Project, 2005. *Health, Dignity, and Development: What Will it Take?*. s.l.:Task Force on Water and Sanitation.

UN, 1980. *35/18 Proclamation of the International Drinking Water Supply and Sanitation Decade*. s.l.:s.n.

UN, 2010. *Resolution adopted by the General Assembly - 65/153. Follow-up to the International Year of Sanitation, 2008*, New York: United Nations General Assembly.

UN, 2013. *Millenium Development Goals*. [Online]

Available at: <http://www.un.org/millenniumgoals/envIRON.shtml>

[Acedido em 16 Agosto 2013].

UN-HABITAT, 1986. *The design of Shallow Sewer Systems*. United Nations Centre for Human Settlements. Nairobi, Kenya: UN-HABITAT.

UN-HABITAT, 2012. *UN-HABITAT*. [Online]

Available at: <http://www.unhabitat.org/categories.asp?catid=548>

[Acedido em 23 Fevereiro 2013].

UNICEF, 2009. *Soap, Toiets and Taps*. New York: UNICEF.

UNICEF, 2010. *Progress for children: Achieving the MDGs with Equity No. 9*. New York: UNICEF.

Wagner, E. W. & Lanoix, J. N., 1958. *Excreta Disposal for Rural Areas and Small Communities*. Geneva: WHO.

WASTE, 2006. *Smart Sanitation Solutions*. s.l.:Netherlands Water Partnership.

WaterAid Moçambique, 2001. *Latrinas Ecológicas: reaproveitar os resíduos humanos*. Moçambique: WaterAid.

WEDC, 2004. *Water and environmental sanitation - Working towards equity and inclusion for disabled people: A discussion parper*. Loughborough, UK: Loughborough University.

WHO/UNICEF, 2013. *Progress on sanitation and drinking-water - 2013 update.*, Geneva: WHO.

WHO/UNICEF, 2013. *The sanitation and drinking-water ladders*. [Online]

Available at: <http://www.wssinfo.org/definitions-methods/watsan-ladder/>

[Acedido em 24 Agosto 2013].

WHO, 2006. *Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater*. Geneva: World Health Organization.

WHO, 2013. *Diarrhoeal disease - Fact Sheet N° 330*. [Online]

Available at: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs330/en/index.html>

[Acedido em 21 Agosto 2013].

WHO, 2013. *Health Topics - Sanitation*. [Online]

Available at: <http://www.who.int/topics/sanitation/en/>

[Acedido em 20 Julho 2013].

WSP, 2002. *The Sanitiona Sanitation Programme in Mozambique: Pioneering peri-urban sanitation*. Washington, D.C.: The World Bank.

ANEXOS

I - Interface do utilizador

- I.1 - Sanita a seco
- I.2 - Sanita de descarga manual
- I.3 - Sanita com descarga automática
- I.4 - Sanita com separação de urina
- I.5 - Urinol

R - Recolha e Tratamento Primário

- R.1 - Fossa seca simples
- R.2 - Fossa seca VIP
- R.3 - Fossa Alternativa
- R.4 - Latrina Ecológica
- R.5 - Fossa Séptica
- R.6 - Micro fossa séptica 'Aquaprivy'
- R.7 - Fossa dupla para descarga manual
- R.8 - Digestor anaeróbico com produção de biogás

T - Limpeza e Transporte

- T.1 - Equip. manual
- T.2 - Equip. motorizado

D - Tratamento complementar

- D.1 - Leitões de secagem de lamas simples
- D.2 - Leitões de secagem de lamas com macrófitas
- D.3 - Co-compostagem
- D.4 - Trincheiras de infiltração
- D.5 - Poços de infiltração
- D.6 - Trincheiras filtrantes de areia
- D.7 - Aterros filtrantes
- D.8 - Plataforma de evapotranspiração

F - Destino final

- F.1 - Aterro
- F.2 - Desativação
- F.3 - Reutilização
- F.4 - Descarga em massas de água
- F.5 - Recarga de aquíferos
- F.6 - Atmosfera
- F.7 - Rega

INTERFACE DO UTILIZADOR

I.1 - SANITA A SECO

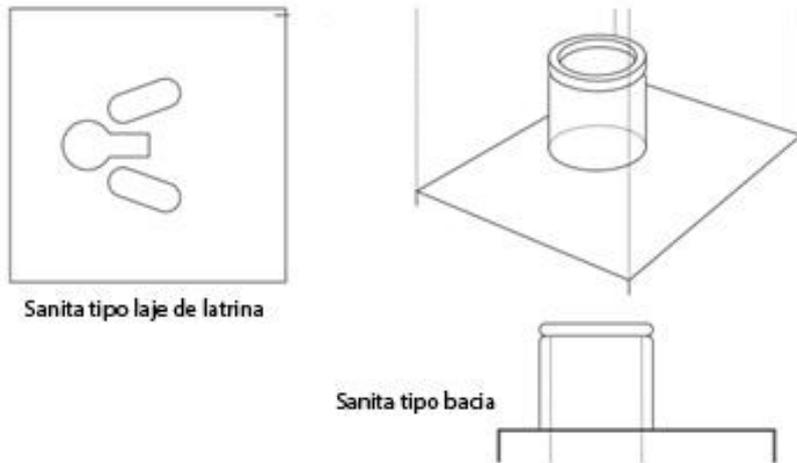


Figura A.1: Esquematisação de sanitas a seco. Laje de latrina à esquerda e vaso sanitário à direita. (Adaptado de Tilley , et al., 2008).

É o tipo de sanita mais simples, o seu funcionamento não envolve a utilização de água. A sanita pode ter a forma de laje de latrina, devendo ser utilizada na posição de cócoras ou tipo bacia, que deve ser usada enquanto sentado. Este tipo de instalação geralmente é colocada sobre uma fossa, estas estruturas devem ser concebidas de forma a poderem ser levantadas e movidas de uma fossa para outra. A abertura para defecação poderá ter várias formas, Figura A.2 e deve ter sempre uma tampa de dimensões adequadas de modo a impedir a entrada de roedores e insetos para as fossas e proteger os seus utilizadores de quedas, especialmente crianças (Tilley , et al., 2008)

A sua fácil utilização faz com que as sanitas secas sejam convenientes para a maioria das pessoas. Desde que exista cimento e areia tanto as sanitas tipo bacia como as lajes de latrina podem ser construídas 'in situ' o que também permite a sua correta adequação às necessidades dos seus utilizadores (Morgan, 2011).

Atualmente o sistema *SanPlat* é bastante utilizado, existem modelos pré-fabricados ou moldes reutilizáveis que permitem a sua construção no local de uma forma muito fácil (LCS ProMotion, 2010).

Dimensões e características:

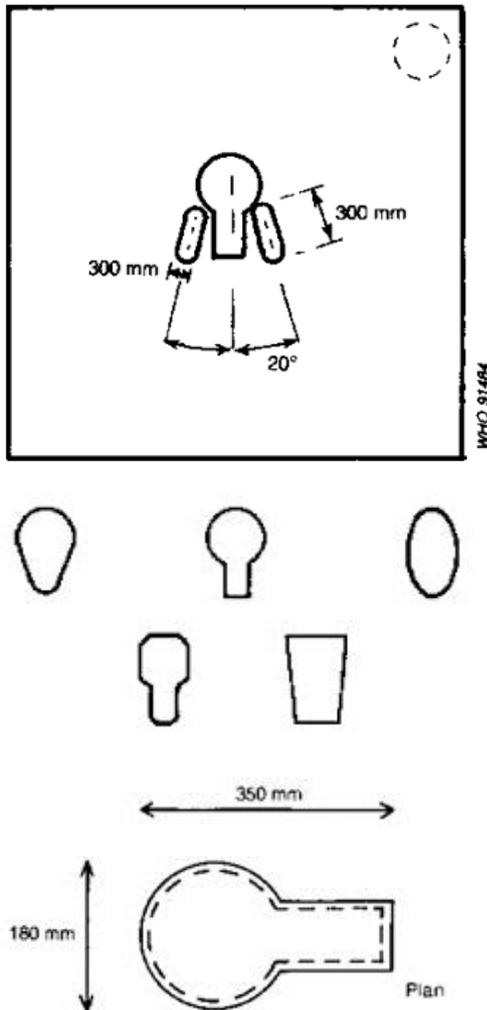
As dimensões e materiais das sanitas podem variar consoante a preferência dos utilizadores. A laje que suporta estas estruturas deverá ter sempre um diâmetro um pouco maior que a fossa onde assentará, segundo MORGAN (2011) uma boa dimensão para o diâmetro das lajes de latrina é 1,2m. A estrutura da laje deverá ser suficientemente resistente para sustentar o peso dos seus utilizadores pelo que a mesma fonte recomenda a utilização uma grelha composta por fios de aço de 3mm, espaçados 150mm entre si.

Caso se deseje construir uma laje de latrina devem ser construídos apoios para os pés. Estes apoios têm como função manter os pés dos seus utilizadores limpos, caso o piso não se apresente nas melhores condições de limpeza, mas também servem de orientação para a posição que melhor garante a deposição

Vantagens e Desvantagens:

- + Não necessita de uma fonte constante de água
- + Adequada para todos os climas
- + Adequado para todo o tipo de utilizadores
- + Facilmente fabricadas localmente
- + Baixo custo de aquisição ou fabrico, está dependente do custo dos materiais
- + Baixo custo de manutenção
- + Fácil utilização
- Mesmo com ventilação melhorada podem existir odores desagradáveis
- Na maioria dos casos a excreta é visível pelos utilizadores

da excreta e urina sem sujar a laje (Franceys, et al., 1992). Na Figura A.2 apresenta-se uma sugestão para localização dos apoios de pés, no entanto o espaçamento e o ângulo



mais indicados poderão variar entre diferentes culturas pelo que se aconselha um breve estudo sobre a preferência dos utilizadores.

Se os utilizadores preferirem sentar-se durante a defecação ou micção então as sanitas tipo bacia deverão ser construídas com uma altura de cerca de 350mm acima da laje. O interior das sanitas deverá ser sempre de um material que diminua a probabilidade de entupimento e mantenha a sua limpeza. O diâmetro destas sanitas não deverá ser inferior a 250mm no entanto deverá ter-se em consideração que grandes diâmetros poderão fazer com que as crianças tenham medo deste tipo de sanitas (Franceys, et al., 1992).

O sistema SanPlat, por sua vez, fornece todas as indicações de construção e manutenção, mas só inclui lajes de latrina.

Manutenção:

A manutenção das sanitas passa essencialmente pela sua limpeza. Reparação será necessária somente quando existem fissuras no material (Tilley, et al., 2008).

Custo:

Os modelos pré-fabricados têm um custo muito variável. O custo da construção 'in situ' está dependente do custo dos materiais. O sistema de moldes SanPlat possibilita o fabrico em série que resulta em 1,5€/unid. (SBI Consulting, 2013).

Custo de operação praticamente inexistente.

Figura A.2: Esquematização da localização dos apoios de pés nas lajes de latrina. São também apresentadas Diferentes formas e dimensões de aberturas para defecação. Fonte: (Franceys, et al., 1992)

I.2 - SANITA DE DESCARGA MANUAL

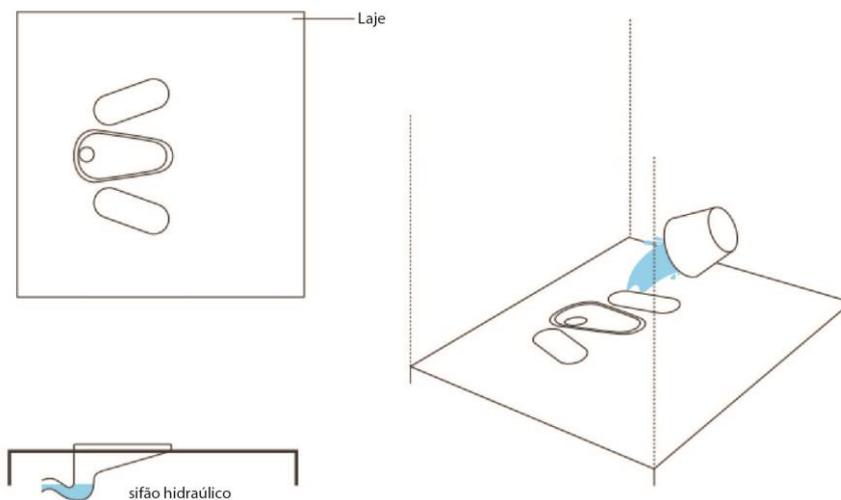


Figura A.3: Esquemática de sanitas de descarga manual. (Adaptado de Tilley , et al., 2008)

As sanitas com sifão hidráulico baseiam-se na existência de um tubo em U cheio de água instalado abaixo da abertura para defecação da laje de latrina ou da sanita (Faria & Beja Neves, 1983). A descarga é feita através de um balde ou outro recipiente e a água presente no sifão serve de barreira para os odores resultantes da deposição da água negra e evita o aparecimento de insetos e outros vetores de disseminação de doença, a quantidade de água necessária para remoção da excreta depende das dimensões do sifão, geralmente 2 a 3L costumam ser suficientes (Tilley , et al., 2008).

Estas sanitas podem localizar-se diretamente sobre o sistema de recolha e armazenamento ou então ligeiramente deslocadas. O segundo terá a ligação garantida por um tubo e poderá implicar que seja necessária uma maior quantidade de água para a descarga.

Neste tipo de sistema o sifão pode encaminhar a água negra para o sistema de recolha ou tratamento através de um tubo ou, caso a I.S. esteja localizada diretamente em cima da fossa ou outros sistemas de armazenamento (Franceys, et al., 1992)

Dimensões e características:

O sifão deve ser de um material pouco poroso como cerâmicos ou plástico para evitar o seu entupimento. Na Figura A.4 são apresentadas as dimensões típicas deste tipo de sanita e a geometria do sifão. A passagem no sifão deve ter um mínimo de 7cm e para garantir o correto isolamento a água deve estar 2cm acima do sifão. (Franceys, et al., 1992).

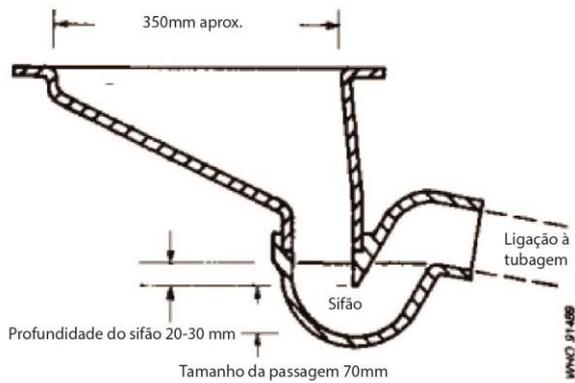
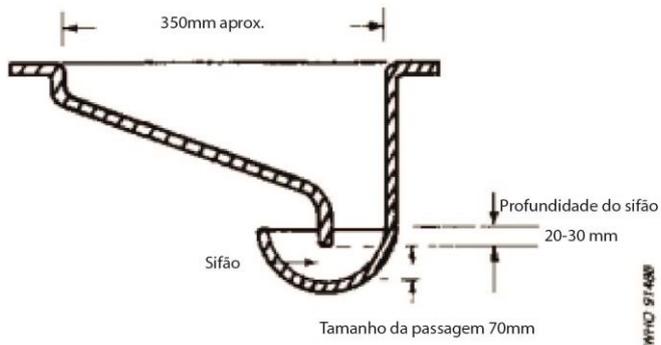
Este tipo de sanitas geralmente são montadas sobre uma laje, esta laje deve ter as dimensões semelhantes às consideradas para as sanitas a seco. No entanto, para o caso destas sanitas não será preciso fazer a sua deslocação entre fossas.

Vantagens e Desvantagens:

- + O sifão elimina quase completamente os maus cheiros
- + Adequado para todo o tipo de utilizadores
- + Baixo custo e construção e manutenção
- + Fácil utilização

Requer uma fonte constante de água (pode ser reciclada ou pluvial)

A sua construção pode não ser possível localmente



Manutenção:

Não precisa de manutenção especial para além da sua limpeza. No entanto, este sistema está sujeito a entupimentos logo é conveniente que os resíduos provenientes da limpeza pessoal (papel higiénico ou outro material seco) sejam depositados em separado.

Custo:

É possível fazer a sua produção em série artesanalmente e com custos muito reduzidos, 4€/unid.

Custo de operação relacionado com o custo da água utilizada pelo autoclismo.

Figura A.4: Dimensões aconselhadas para os sifões hidráulicos. Fonte: Franceys, et al., 1992)

I.3 - SANITA COM DESCARGA AUTOMÁTICA

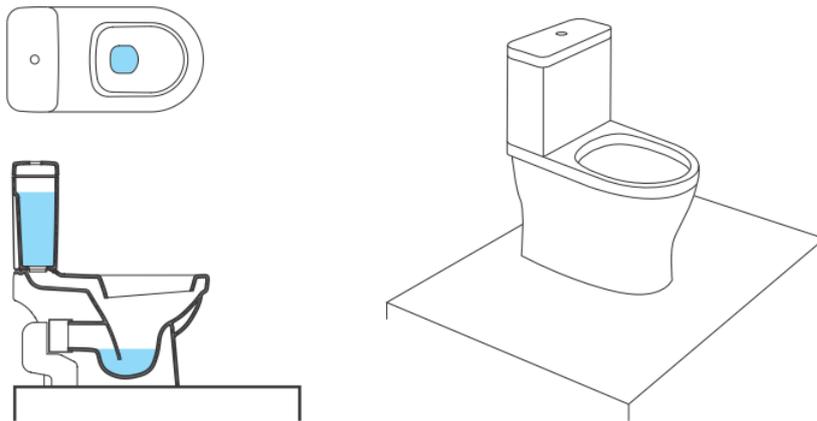


Figura A.5: Esquemática de uma sanita com descarga automática. Adaptado de Tilley , et al., 2008.

Esta sanita incorpora uma cisterna que reserva água para o despejo, sendo este ativado mecanicamente. As várias descargas arrastam a excreta para o depósito e garantem que o sifão se mantém cheio de água limpa.

Existem cisternas com capacidades muito variáveis, podem ir dos 3 aos 20L. As cisternas de menor volume têm como princípio a poupança de água mas como apresentam um menor poder de arrasto acabam por exigir que o seu utilizador faça mais que uma descarga do autoclismo o que vai contra o seu princípio de poupança (Tilley , et al., 2008).

Este tipo de sanita requer um fluxo constante de água e mão-de-obra experiente para a sua montagem. O seu uso só é aconselhável quando é possível adquirir todos os seus componentes, para possíveis reparações, com facilidade.

Dimensões e características:

Existem vários modelos e podem ser executados em vários materiais sendo que o mais comum é a cerâmica. A maioria das sanitas são modelos comerciais.

Também é possível integrar autoclismos em sanitas com laje de latrina.

Manutenção:

Não precisa de manutenção especial para além da sua limpeza. Os seus componentes dificilmente poderão ser substituídos por materiais locais, poderá ser necessário recorrer a pessoal com algum conhecimento técnico.

Custo:

Cerca de 70 € por unidade⁴.

Custo de operação relacionado com o custo da água utilizada pelo autoclismo.

Vantagens e Desvantagens:

- + Ausência de maus odores e moscas
- + Adequado para todo o tipo de utilizadores
- Custos de operação muito elevados
- Custos de aquisição elevados
- Necessita de uma fonte constante de água
- Dificilmente será possível *construção* e *reparação* locais.

⁴ Pesquisa de preços no mercado português.

I.4 - SANITA COM SEPARAÇÃO DE URINA

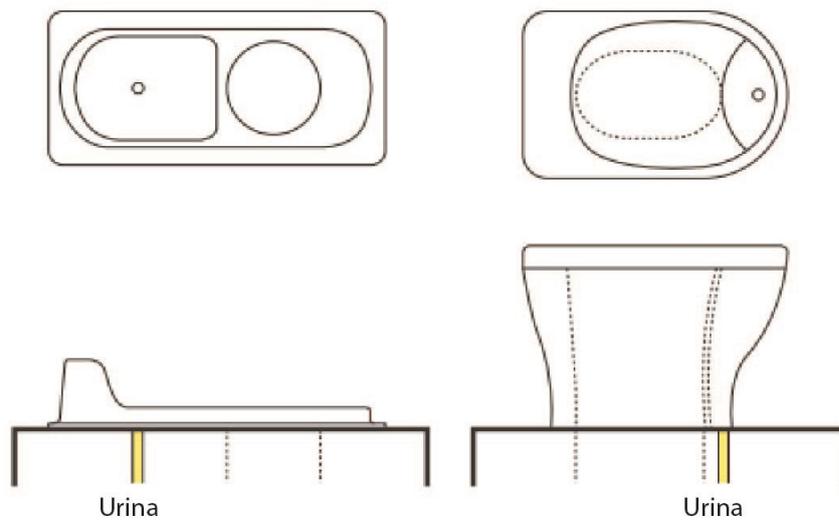


Figura A.6: Esquemática de sanitas com separação de urina. Adaptado de Tilley , et al., 2008.

Estas sanitas fazem a separação da urina e das fezes na origem requerendo um esforço mínimo por parte do utilizador; são construídas de modo a que a urina seja recolhida pela parte frontal da retrete enquanto as fezes são depositadas por uma abertura na parte posterior (Tilley , et al., 2008). As sanitas com separação de urina têm como propósito o melhor aproveitamento dos nutrientes existentes na urina. A urina é rica em azoto e pode ser usada como fertilizante em campos agrícolas, sendo um material praticamente asséptico necessita de um tratamento muito mais simples que as fezes (WHO, 2006).

No caso das sanitas secas, após a defecação devem ser adicionados materiais como ervas, folhas, terra, serradura ou cinza por forma a controlar os odores

Caso seja utilizada água para a limpeza anal, esta deve ser mantida em separado das fezes e da urina, evitando a diluição das primeiras, e impedindo a contaminação da segunda com material patogénico. Pode ser adicionado um terceiro orifício ou um sumidouro por forma a garantir o encaminhamento destas águas sem por em causa a saúde pública (Tilley , et al., 2008).

É importante assegurar que a separação dos dois materiais é feita de uma forma correta para garantir que as fezes não entopem a zona de recolha da urina e que a urina não seja derramada para a zona seca da sanita (Tilley , et al., 2008).

Dimensões e características:

Pode ser construída com vários material como cerâmica ou plástico. Não devem ser usados materiais metálicos pois estes são facilmente corroídos pela urina.

Vantagens e Desvantagens:

- + Não necessita de água para o seu funcionamento
- + Quando usada corretamente não apresenta maus odores
- + Pode ser construída com materiais locais
- Utilização incorreta aumenta a probabilidade de entupimento
- É necessário fornecer alguma formação para o seu uso correto



Figura A.7: Aspeto de uma sanita com separação de urina de baixo custo. Pode ser visto na parte frontal o tubo de saída da urina. Fonte (Morgan, 2007).

A urina deverá ser recolhida através de bidões ou outros recipientes. Estes devem ser estanques e facilmente fechados, Figura A.9. Deverá existir mais que um recipiente por instalação para garantir o correto tratamento da urina através do seu armazenamento prolongado. Em (Morgan, 2007) é apresentado um método de construção deste tipo de sanitas com materiais locais e com baixo custo associado, Figura A.7.

Manutenção:

A sua limpeza pode tornar-se mais difícil devido ao sistema de separação. A dificuldade na sua utilização pode tornar a sua manutenção mais regular. A limpeza desta sanita deve ser feita utilizando panos húmidos; mesmo durante a limpeza é importante minimizar a entrada de água para os diferentes orifícios (Tilley , et al., 2008).

Custo:



Figura A.8: Sanita com separação de urina pré-fabricada. Fonte: SuSanA.

O seu custo é muito variável, podem ser adquiridos modelos pré-fabricados, Figura A.8, que têm um custo associado mais elevado.

Para obter informação mais detalhada sobre a construção deste tipo de sanitas de baixo custo recomenda-se a consulta de MORGAN (2007).

O seu custo de operação é praticamente inexistente mas implica custos de investimento mais elevados que dependem largamente do tipo sanita utilizada.



Figura A.9: Bidões de recolha de urina armazenados. Fonte: SuSanA.

I.5 – URINOL



Figura A.10: Exemplos de urinóis de baixo custo. O modelo apresentado à esquerda é designado por 'eco-lily'. (Fonte: SuSanA).

O urinol é usado para a recolha de urina que poderá ser diluída ou não, dependendo se o seu funcionamento requer, ou não, o uso de água. Geralmente os urinóis são concebidos para serem usados por homens, apesar de existirem alguns protótipos de urinóis que podem ser adaptados para a utilização por parte de mulheres (por exemplo “eco-lily”) o seu uso ainda não é comum.

São também um bom complemento para as sanitas com separação de urina e desencorajam o ato de micção pública que origina maus odores e pode causar desconforto na comunidade.

Dimensões e características:

Existem modelos comerciais que podem ser acoplados às paredes dos edifícios. A urina deverá ser recolhida através de bidões ou outros recipientes. Estes devem ser estanques e facilmente fechados, Figura A.9. Deverá existir mais que um recipiente por instalação para garantir o correto tratamento da urina através do seu armazenamento prolongado.

A sua construção também é possível usando materiais como recipientes de plástico onde é acoplado um funil, “eco-lily”. Para evitar a disseminação dos maus-cheiros poderá ser colocada um objeto esférico flutuante, como uma bola de ping-pong ou lâmpada, sobre a abertura do funil. Este objeto flutuará quando o urinol é utilizado mas manterá a abertura obstruída nas outras alturas.

Manutenção:

A urina pode produzir incrustações nas tubagens, o uso de água quente ajuda a remover os minerais formados. Todos os urinóis devem ser limpos regularmente para evitar o aparecimento de maus odores.

Custo:

Os custos de manutenção dos urinóis secos são baixos e são compatíveis com todos os climas.

Vantagens e Desvantagens:

- + Não necessita de água para o seu funcionamento
- + Possibilita a recolha de urina
- + Pode ser construída com materiais locais
- + Compatível com todos os climas
- Utilização mais difícil para o sexo feminino
- Sem a correta manutenção pode dar origem a odores desagradáveis

RECOLHA E TRATAMENTO PRIMÁRIO

R.1 - FOSSA SECA SIMPLES

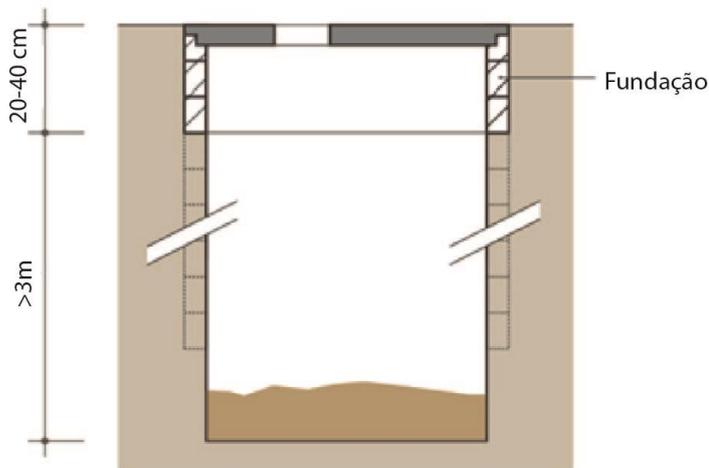


Figura A.11: Esquemática de uma fossa seca simples. Adaptado de Tilley , et al., 2008.

Esta estrutura é a base dos sistemas de saneamento a seco e consiste simplesmente numa fossa coberta por laje de latrina (ou uma laje com sanita tipo bacia). Esta é a técnica mais simples em termos de coleção de excreta apresentando vários inconvenientes em termos de cheiro e proliferação de moscas e outros insetos. É também a tecnologia mais simples e com menor custo que pode ser considerada como saneamento melhorado (WHO/UNICEF, 2013).

A construção da fossa não tem uma execução difícil embora existam alguns critérios de segurança por forma a evitar o seu colapso: as paredes da fossa devem ser revestidas com pedras tijolos ou outro material de contenção caso o terreno apresente uma baixa coesão como por exemplo areia (Franceys, et al., 1992). A dimensão da fossa depende do número de utilizadores, a vida útil destas estruturas deverá ser no mínimo 10 anos (Morgan, 2011).

O procedimento recomendado aquando da desativação da fossa será cobrir a fossa com terra e folhas e mudar a superestrutura de sítio, esta opção é viável caso exista espaço para abertura de novas fossas (Tilley , et al., 2008). Os nutrientes presentes no solo poderão ser aproveitados se se plantar uma árvore sobre a fossa desativada, esta opção é conhecida como *Arborloo* (Morgan, 2007).

Caso as fossas sejam reutilizadas torna-se mesmo necessário que o seu interior seja revestido por material resistente, como tijolos ou rochas, e deve-se proceder à sua limpeza quando se encontram cheias. Esta operação de limpeza deverá ser feita recorrendo a **equipamento manual (T.1)** e implica grandes cuidados com a saúde de quem realiza esta tarefa. O material retirado deve ser alvo de tratamento subsequente.

É aconselhável estudar a **fossa seca VIP (R.2)** ou a **fossa alterna (R.3)** como alternativas pois trazem bastantes vantagens para os utilizadores sem um grande custo acrescido (Tilley , et al., 2008).

Vantagens e Desvantagens:

- + Não necessita de água para o seu funcionamento
- + Baixo custo de investimento e manutenção
- + Execução e manutenção não necessitam de pessoal especializado
- Após remoção as lamas necessitam de tratamento primário e secundário
- Risco de contaminação dos aquíferos.
- Não aconselhadas para solos rochosos ou nível freático elevado ou zonas inundáveis
- Forte presença de insetos e maus odores.
- Baixa redução de material patogénico

Dimensões e características:

De forma a eliminar risco de contaminação de aquíferos as fossas devem localizar-se a um mínimo de 30m de pontos de abastecimento de água como poços ou equivalente (Faria & Beja Neves, 1983).

As fossas devem ser dimensionadas considerando os valores apresentados em 0. Em FRANCEYS, et al., (1992) é recomendado que, caso não haja informação sobre a quantidade de material orgânico adicional depositado durante a utilização destas fossas, se considere uma taxa de acumulação três vezes superior à excreta. Assim volume de cada fossa deverá ser calculada através de:

$$V = N \times P \times R$$

Onde,

V – Volume efetivo de cada fossa (m^3),

N – Número de anos que deve demorar a ficar cheio (recomenda-se 5 a 10 anos),

P – Número médio de utilizadores da I.S. (por exemplo dimensão do agregado familiar),

R – Taxa de acumulação de lamas por pessoa ($m^3/pessoa/ano$).

Em planta estas fossas costumam ser circulares, por ser uma forma mais fácil de executar, tirando proveito da capacidade de autossustentação do solo é recomendado em TILLEY , et al., (2008) que o diâmetro da fossa não exceda os 1,5m. Se o solo não for suficientemente coerente, a fossa deverá ser revestida de forma a garantir a sua integridade durante a sua vida útil. O volume mínimo a considerar para uma fossa será de 1000L (Tilley , et al., 2008).

A altura da fossa deve considerar com 0,5m adicionais que devem ser cobertos com terra de modo a selar o material patogénico de uma forma segura. (Franceys, et al., 1992).

Manutenção:

Caso a fossa seja reutilizada devem ser garantidos meios convenientes para a remoção do seu conteúdo. A execução desta tarefa manualmente deve ser evitada devido aos riscos que impõe à saúde pública.

Custo:

Custo de construção muito variável, entre 40 a 100€, incluindo a infraestrutura e o interface do utilizador (Monvois, et al., 2010). O&M inexistente se a fossa for desativada.

R.2 - FOSSA SECA VIP

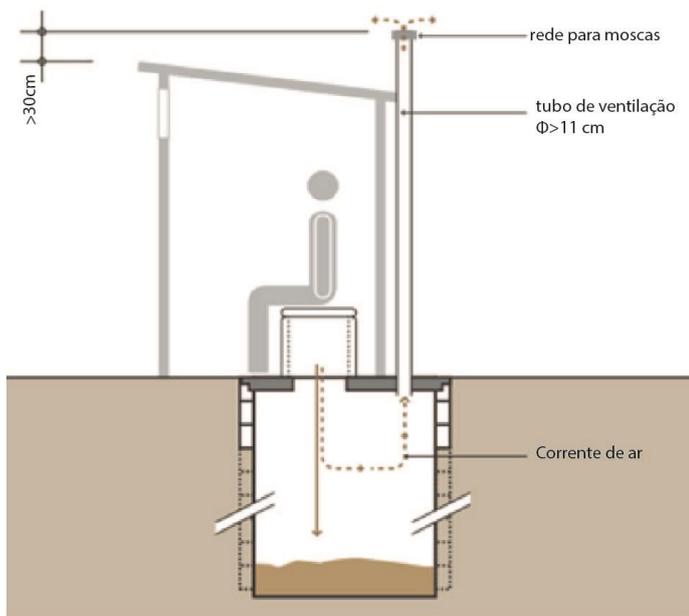


Figura A.12: Esquematização de uma fossa seca VIP. Adaptado de Tilley , et al., 2008.

A fossa seca VIP inclui um sistema de ventilação melhorada, *Ventilated Improved Pit*. Estes sistemas incorporam tubos de ventilação na estrutura da I.S. que garantem um fluxo de ar contínuo na fossa eliminando, de uma maneira muito eficiente, os maus cheiros e outros incômodos das fossas simples como as moscas e outros insetos que se reproduzem no interior da fossa.

Para que esta técnica funcione na perfeição o interior da I.S. deve manter-se escuro de modo a que os insetos sejam atraídos pela luz proveniente dos tubos de ventilação, acabando por ficar retidos numa rede existente perto da saída do tubo (Morgan, 2011), ver Figura A.13. A ventilação torna-se mais eficiente se se localizar em zonas ventosas no entanto, pintar a parte superior do tubo de preto cria um diferencial de temperatura entre o tubo e a fossa criando uma corrente térmica que elimina os odores (Franceys, et al., 1992).

A construção da fossa não tem uma execução difícil embora existam alguns critérios de segurança por forma a evitar o seu colapso: as paredes da fossa devem ser revestidas com pedras tijolos ou outro material de contenção caso o terreno apresente uma baixa coesão como por exemplo areia (Franceys, et al., 1992). A dimensão da fossa depende do número de utilizadores, a vida útil destas estruturas deverá ser no mínimo 10 anos (Morgan, 2011).

O procedimento recomendado aquando da desativação da fossa será cobrir a fossa com terra e folhas e mudar a superestrutura de sítio, esta opção é viável caso exista espaço para abertura de novas fossas (Tilley , et al., 2008). Os nutrientes presentes no solo poderão ser aproveitados se se plantar uma árvore sobre a fossa desativada, esta opção é conhecida como *Arborloo* (Morgan, 2007).

Caso as fossas sejam reutilizadas torna-se mesmo necessário que o seu interior seja revestido por material resistente, como tijolos ou rochas, e deve-se proceder à sua limpeza quando se encontram cheias. Esta operação de limpeza deverá ser feita recorrendo a **equipamento manual (T.1)** e implica grandes cuidados com a saúde de quem realiza esta tarefa. O material retirado deve ser

Vantagens e Desvantagens:

- + Não necessita de água para o seu funcionamento
- + Diminuição de maus odores e presença de insetos
- + Execução e manutenção não necessitam de pessoal especializado
- Baixa redução de CBO e material patogénico
- Não é compatível com terreno rochoso, nível freático elevado ou zonas inundáveis
- Após remoção as lamas necessitam de tratamento primário e secundário
- Risco de contaminação dos aquíferos

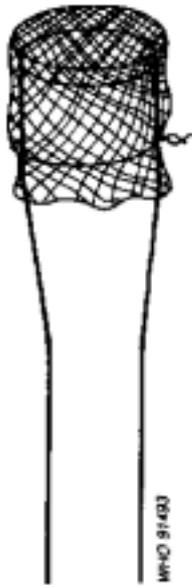


Figura A.13: Pormenor de um tubo de ventilação protegido com uma rede para moscas. Fonte: Franceys, et al., 1992.

alvo de tratamento subsequente.

Esta fossa tem um custo de investimento superior à **fossa seca simples (R.1)** no entanto a sua construção pode ser faseada de forma a diluir o investimento no tempo. Em MORGAN (2011) é apresentado um guia exaustivo sobre todos os passos e processos construtivos desta I.S.

Dimensões e características:

De forma a eliminar risco de contaminação de aquíferos as fossas devem localizar-se a um mínimo de 30m de pontos de abastecimento de água como poços ou equivalente (Faria & Beja Neves, 1983).

Os tubos de ventilação devem ter um diâmetro entre 110 e 150mm e devem localizar-se cerca de 300mm acima do ponto mais alto da superestrutura. São aconselhadas redes de alumínio com uma malha entre 1,2 e 1,5mm (Tilley , et al., 2008).

As fossas devem ser dimensionadas considerando os valores apresentados em 0. Em FRANCEYS, et al., (1992) é recomendado que, caso não haja informação sobre a quantidade de material orgânico adicional depositado durante a utilização destas fossas, se considere uma taxa de acumulação três vezes superior à excreta. Assim volume de cada fossa deverá ser calculada através de:

$$V = N \times P \times R$$

Onde,

V – Volume efetivo de cada fossa (m^3),

N – Número de anos que deve demorar a ficar cheio (recomenda-se um mínimo de 10),

P – Número médio de utilizadores da I.S. (por exemplo dimensão do agregado familiar),

R – Taxa de acumulação de lamas por pessoa ($m^3/pessoa/ano$).

Manutenção:

O sistema de ventilação requer manutenção periódica de forma a remover possíveis teias de aranha e outras partículas que dificultem a circulação de ar.

Esta tecnologia deve ter um período de vida mínimo de 10 anos (Morgan, 2011).

Custo:

Custo de construção muito variável, entre 100 a 300€ €, incluindo a infraestrutura e o interface do utilizador (Monvois, et al., 2010). O&M inexistente se a fossa for desativada.

R.3 – FOSSA ALTERNA

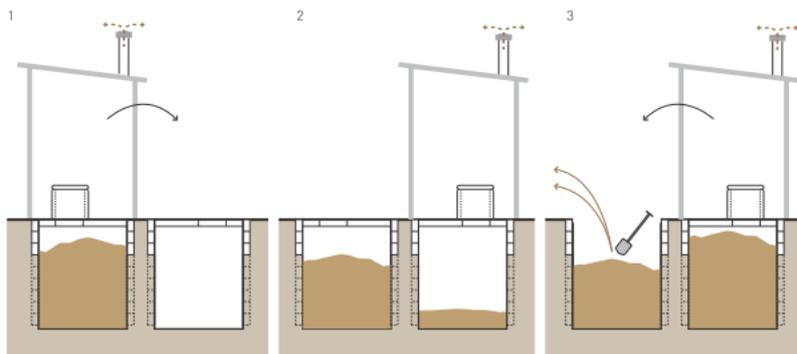


Figura A.14: Esquemática de uma *fossa alterna* e o seu funcionamento. Adaptado de Tilley , et al., 2008.

Estas fossas são construídas com o objetivo de produzir composto, material fertilizante a partir da compostagem da mistura da excreta e outros materiais orgânicos depositados na fossa, esta tecnologia também é normalmente conhecida como fossa compostora. São construídas aos pares e usadas alternadamente. Estas fossas são menos profundas que as fossas secas e o facto de serem construídas duas fossas adjacentes faz com que seja possível um uso contínuo da I.S., ou seja, enquanto uma fossa é usada, o conteúdo da segunda vai-se degradando e diminuindo de volume.

A estrutura da I.S. pode ser concebida de forma a englobar uma ou ambas as fossas sendo que a primeira opção implica que a superestrutura seja descolada para cobrir a fossa que está a ser utilizada em determinada altura. Em qualquer dos casos a fossa que não está em utilização deve estar corretamente tapada de modo a evitar acidentes de quedas de pessoas ou animais ou a entrada de água que dilui o seu conteúdo e diminui a eficiência dos processos de tratamento (Tilley , et al., 2008).

Para além da excreta devem ser adicionados outros materiais orgânicos como palha, folhas, cinzas e terra que introduzem uma grande variedade de organismos (vermes, fungos e bactérias) que ajudam no processo de degradação (Tilley , et al., 2008), este material auxilia a absorção de humidade e consequente redução de cheiros. Estes materiais aumentam o pH da mistura e aceleram o processo de eliminação patogénica. Também poderão ser adicionados outros resíduos domésticos, como restos de alimentos, ou excrementos de gado, isto melhora a composição do composto em termos do seu rácio carbono- azoto, que beneficia as suas características fertilizantes (WHO, 2006).

Tal como no sistema VIP, tubos de ventilação podem garantir ainda maior conforto aos utilizadores destas I.S., a ventilação também melhora o processo de degradação da matéria orgânica e eliminação de material patogénico (WHO, 2006). Recomenda-se que as fossas demorem cerca de 12 meses a encher de forma a que todo o conteúdo se transforme em composto (Morgan, 2007).

Caso não se pretenda aproveitar o composto, por exemplo, por motivos culturais, ainda que seja recomendável a adição de material absorvente para a diminuição de maus odores, não será preciso adicionar material orgânico,

Vantagens e Desvantagens:

- + Não necessita de água para o seu funcionamento
- + Diminuição de maus odores e presença de insetos
- + Execução e manutenção não necessitam de pessoal especializado
- + Possibilita reutilização da matéria tratada para agricultura
- + Tem um período de vida bastante longo (10 a 20 anos),
- Não é compatível com terreno rochoso, nível freático elevado ou zonas inundáveis
- Para garantir a completa higienização poderá necessitar de compostagem secundária
- Necessita de uma fonte constante de material orgânico adicional (folhas, palha, restos de comida, estrume animal, etc)

esta variante de funcionamento é conhecida por fossa dupla VIP (Tilley , et al., 2008). O facto da excreta ficar armazenada durante um longo período de tempo garante a sua decomposição e faz com que a sua remoção seja bastante mais segura.

Dimensões e características:

De forma a eliminar risco de contaminação de aquíferos as fossas devem localizar-se a um mínimo de 30m de pontos de abastecimento de água como poços ou equivalente (Faria & Beja Neves, 1983).

Os tubos de ventilação devem ter um diâmetro entre 110 e 150mm e devem localizar-se cerca de 300mm acima do ponto mais alto da superestrutura. São aconselhadas redes de alumínio com uma malha entre 1,2 e 1,5mm.

As fossas devem ser dimensionadas considerando os valores apresentados em 0. Em FRANCEYS, et al., (1992) é recomendado que, caso não haja informação sobre a quantidade de material orgânico adicional depositado durante a utilização destas fossas, se considere uma taxa de acumulação três vezes superior à excreta. Assim o volume de cada fossa deverá ser calculada através de:

$$V = N \times P \times R$$

Onde,

V – Volume efetivo de cada fossa (m³),

N – Número de anos que deve demorar a ficar cheio (recomenda-se 2 anos),

P – Número médio de utilizadores da I.S. (por exemplo dimensão do agregado familiar),

R – Taxa de acumulação de lamas por pessoa (m³/pessoa/ano).

A área em planta da fossa deverá ser escolhida tendo em conta a profundidade do nível freático e da área disponível. Após o enchimento da primeira fossa até sensivelmente 0,5m da superfície, esta deve ser coberta com terra iniciando-se a utilização da outra após ter sido coberta com uma camada generosa de folhas, palha e terra (Franceys, et al., 1992).

Manutenção:

Os utilizadores devem estar sensibilizados para o facto de que não podem ser depositados materiais não degradáveis na fossa, como é o caso do vidro ou plástico. A distribuição do material na fossa deve ser periodicamente afastado para os lados, uniformizando o seu enchimento.

Devido à sua consistência sólida a remoção do húmus deve ser feita usando técnicas manuais (baldes e pás)

Custos:

Custo de construção entre 200 a 600€ por Fossa Alternativa, O&M: 5-10€/ano para limpeza das fossas (Monvois, et al., 2010).

R.4 – LATRINA ECOLÓGICA

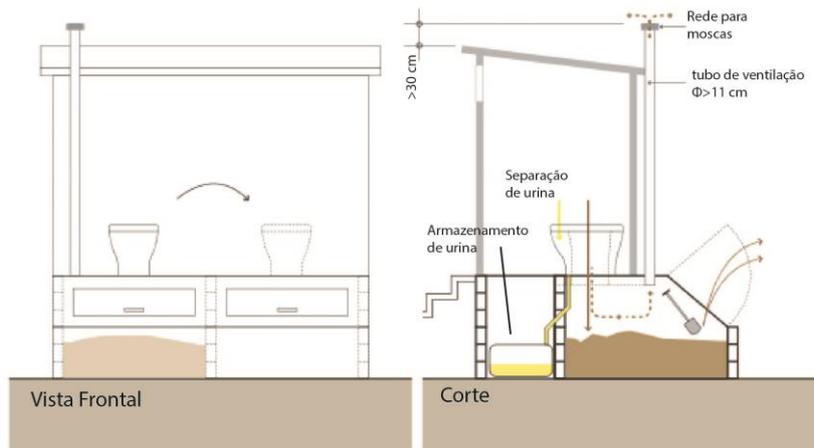


Figura A.15: Esquemática de uma latrina ecológica. Adaptado de Tilley , et al., 2008.

A excreta proveniente de **Sanitas com Separação de Urina (I.4)** pode ser recolhida em câmaras de tijolo ou pedras, construídas à superfície e acessíveis através de portas. As câmaras devem ser construídas duas a duas e ser impermeáveis de forma a evitar a infiltração de patógenos.

Neste tipo de tecnologia deve ser feita a separação da urina para minimizar a presença de líquidos nas câmaras. É especialmente adequada para zonas em que o solo é rochoso ou são inundadas frequentemente. Uma boa ventilação das câmaras de desidratação também auxiliam o processo de tratamento e redução de maus odores, pelo que é recomendável incluir tubos de ventilação nas câmaras (Tilley , et al., 2008).

Este tipo de estrutura poderá ser utilizado para a compostagem ou desidratação das fezes, sendo que a segunda opção terá um melhor desempenho em climas áridos. Deste modo os materiais a ser adicionados na câmara que recolhe as fezes variam consoante o tipo de produto final desejado. A urina é recolhida em recipientes estanques tipo bidões ou vasilhas e deve ser mantida nestes recipientes durante um mês, sendo que este é o período necessário para eliminar o seu baixo potencial patogénico (WHO, 2006).

Para que as fezes sejam transformadas em composto devem ser adicionados outros materiais orgânicos como palha, folhas, cinzas e terra que introduzem uma grande variedade de organismos (vermes, fungos e bactérias) que ajudam no processo de degradação (Tilley , et al., 2008), este material auxilia a absorção de humidade e consequente redução de cheiros.

Caso estes materiais não sejam muito abundantes e o clima seja mais favorável à desidratação a adição de material absorvente como cinza, serradura ajuda a reduzir a humidade dentro da câmara, torna a matéria menos compacta e mais fácil de remover depois de seca. Os materiais absorventes com propriedades alcalinas aumentam o pH da substância e melhoram a eliminação de patógenos; para além do mais, fertilizantes alcalinos são benéficos para a grande maioria dos campos (WHO, 2006).

Vantagens e Desvantagens:

- + Aconselhada para áreas com solo rochoso ou nível freático elevado,
- + Não necessita de água para o seu funcionamento
- + Tem um período de vida bastante longo (10 a 20 anos),
- + A sua correta utilização elimina o aparecimento de insetos e maus odores.
- + Possibilita reaproveitamento direto das fezes secas e da urina
- + Baixos custos de manutenção
- Caso seja escolhido o funcionamento com desidratação será necessário o manuseamento das fezes secas e urina
- Poderá ser necessária formação para o seu correto uso e aceitação
- Necessita de uma fonte constante de material alcalino (cinzas ou serradura) ou orgânico adicional (folhas, palha, restos de comida, estrume animal, etc)

Dimensões e características:

Os tubos de ventilação devem ter um diâmetro entre 110 e 150mm e devem localizar-se cerca de 300mm acima do ponto mais alto da superestrutura. São aconselhadas redes de alumínio com uma malha entre 1,2 e 1,5mm.

As câmaras devem ser dimensionadas considerando os valores apresentados em 0. Em FRANCEYS, et al., (1992) é recomendado que, caso não haja informação sobre a quantidade de material orgânico adicional depositado durante a utilização destas fossas, se considere uma taxa de acumulação três vezes superior à excreta. Assim volume de cada fossa deverá ser calculada através de:

$$V = N \times P \times R$$

Onde,

V – Volume efetivo de cada fossa (m³),

N – Número de anos que deve demorar a ficar cheio

P – Número médio de utilizadores da I.S. (por exemplo dimensão do agregado familiar),

R – Taxa de acumulação de lamas por pessoa (m³/pessoa/ano).

Em relação à altura da fossa é necessário ter duas coisas em consideração:

- a fossa deve ser desativada quando as lamas estiverem a 4/3 da sua altura total (Franceys, et al., 1992);
- Fossas com uma grande altura sobre o solo dificilmente são aceites pelas populações pois põe em causa a privacidade dos seus utilizadores (Black & Fawcett, 2008). Caso seja necessário, e o solo permita, uma parte da câmara poderá ser enterrada.

Manutenção:

Em qualquer das formas de utilização as câmaras têm que ser limpas manualmente, a regularidade desta tarefa depende da forma como estes órgãos são utilizados.

Caso as fezes sejam desidratadas devem permanecer nas câmaras nunca menos de 6 meses, em climas frios podem ser necessários 18 meses para uma completa inativação biológica.

No caso da compostagem nestes órgãos o período de retenção mínimo é de 12 meses.

A urina deve ser mantida em recipientes estanques durante um período mínimo de 1 mês.

As operações de manutenção devem ser levadas a cabo com as devidas proteções (roupa de trabalho, mascaras e luvas)

Custo:

Custo de construção entre 200 a 400€ e custo de O&M: 5-10€/ano para limpeza das fossas (Monvois, et al., 2010).

R.5 - FOSSA SÉPTICA

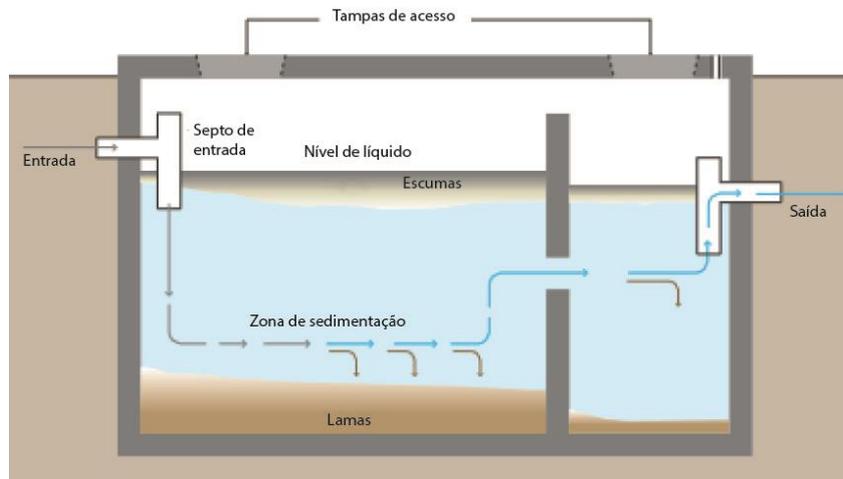


Figura A.16: Esquemática de uma fossa séptica. Adaptado de Tilley, et al., 2008)

A fossa séptica é um reservatório estanque, composto por uma ou mais câmaras, enterrado que pode ser feito de betão, fibra de vidro, PVC ou plástico que tem como função o armazenamento e tratamento primário de água negra e cinzenta (Tilley, et al., 2008) a sua utilização implica sempre a construção de um órgão de tratamento complementar a jusante.

O tratamento a que a água residual é submetida tem uma componente física (sedimentação) e uma componente biológica (depuração anaeróbica). Não pode ser considerada como destino final da excreta mas garante a separação dos sólidos presentes no esgoto, sendo que os mais pesados se depositam no fundo e são digeridos anaerobiamente enquanto os mais leves, como gorduras e óleos, flutuam e formam escumas que também se vão degradando (Morais, 1962; Sasse, 1998).

A digestão das lamas depositadas no fundo da fossa transforma o material orgânico em matéria mineral e leva à libertação de gases. Esta transformação dá-se durante o longo período de retenção das lamas (entre 2 a 5 anos) e é acompanhada por uma grande redução do volume dos sólidos. Após este período a fossa deverá ser limpa e as lamas deverão ser submetidas a tratamento complementar.

O efluente proveniente destes órgãos ainda contém um elevado teor de matéria orgânica, CBO e microrganismos patogénios, isto faz com que o odor e aspeto deste líquido sejam desagradáveis.

As fossas sépticas poderão ter dois compartimentos, para populações até 60 habitantes no primeiro caso, para populações com mais habitantes as fossas sépticas deverão ser dimensionadas com 2 ou 3 compartimentos. A entrada e saída da fossa séptica faz-se por lados opostos da fossa e devem ser protegidas um por um septo, por forma a garantir o tempo de retenção da água residual. Estes septos forçam a trajetória descendente e facilitando a sedimentação dos sólidos, que se dá maioritariamente na primeira câmara, enquanto as gorduras e óleos formam as escumas de superfície (Morais, 1962). A ligação entre as duas câmaras apresenta duas aberturas laterais e é interrompida junto à laje superior da fossa para facilitar a sua ventilação. A laje superior deverá ter dois dispositivos de acesso para facilitar a inspeção e limpeza da fossa (Bartolomeu, 1996).

Vantagens e Desvantagens:

- + Não necessita de eletricidade para o seu funcionamento
- + Quando utilizada e mantida corretamente não tem o incómodo de maus odores ou insetos
- + Vida útil bastante elevada 10-20 anos
- Não deve ser construída em terreno rochoso, nível freático elevado ou zonas inundáveis
- Baixo nível de remoção de patogénicos e matéria orgânica
- Efluente e lamas necessitam de tratamento subsequente
- Necessita de uma fonte constante de água
- Execução, dimensionamento e manutenção necessitam de pessoal especializado

Dimensões e características:

A fossa séptica deve ter no mínimo dois compartimentos, sendo que a primeira câmara deve ter no mínimo 50% do volume total da fossa. Os septos de entrada e saída devem localizar-se a uma altura entre 1,5 e 2,5m do fundo da fossa (Sasse, 1998). As paredes devem ser prolongadas 25 cm acima do nível do líquido, a separação entre as câmaras deve sempre permitir a movimentação dos gases no interior da fossa. A comunicação entre as duas fossas deve ser feita através de duas aberturas com cerca de 20cm de comprimento (Bartolomeu, 1996).

De uma forma simplificada deve ser considerado um volume entre 80 a 100 L/utilizador. Segundo (Sasse, 1998) o volume de lamas acumuladas deverá ser calculado para $0,1 \text{ L/cap} \times \text{dia}$ mas se o intervalo de limpeza das fossas for superior a 2 anos poderá ser reduzido para $0,08 \text{ L/cap} \times \text{dia}$ pois as lamas compactam-se com o decorrer do tempo. Devem ser previstos dispositivos de ventilação para a remoção dos gases provenientes da decomposição anaeróbica.

De uma forma mais precisa⁵ poderá ser considerado o método de cálculo proposto por BARTOLOMEU (1996):

$$V_{\text{águas residuais}} = \text{Pop} \times \text{Cap} \times f_{\text{afl}} \times t_r$$
$$V_{\text{lamas digeridas}} = \text{Pop} \times \text{Cap}_{\text{ld}} \times (t_l - t_d)$$
$$V_{\text{lamas em digestão}} = \text{Pop} \times \text{Cap} \times \frac{\text{Cap}_{\text{lf}} - \text{Cap}_{\text{ld}}}{2} \times t_d$$

Onde,

Cap - Capitação de água de abastecimento (l/hab/dia);

Pop - População (hab);

f_{afl} - Fator de afluência à rede de drenagem, 0,8;

Cap_{ld} - Capitação de lamas digeridas: 0,11 l/hab/dia;

Cap_{lf} - Capitação de lamas frescas: 0,45 l/hab/dia;

t_l - Tempo entre limpeza, 720 dias;

t_d - Tempo de digestão de lamas, 60 dias.

Manutenção:

Devido à acumulação de lamas as fossas sépticas devem ser limpas com uma regularidade de 2 a 5 anos. No entanto deve ser feito um controlo anual do seu funcionamento. A remoção das lamas deve ser feita utilizando veículos de sucção ou equipamentos manuais como o Gulper ou MAPET (TI). Devido ao seu custo elevado e grandes dimensões dos veículos de sucção a sua utilização pode não ser possível. É então aconselhável a utilização dos equipamentos manuais que têm dimensões menores.

As vistorias aos órgãos de tratamento complementar também servem para controlar o estado da fossa, se nas câmaras repartidoras de caudal destes órgãos existir uma grande quantidade de sólidos então será um sinal que a fossa necessita de limpeza

Custo:

De acordo com BRETTL (2013) o custo de investimento para uma fossa séptica poderá ser calculado através de $\text{Custo}_{\text{construção}} = 839 \times \text{Pop}^{0,6}$ e o custo de manutenção poderá ser dado por $\text{Custo}_{\text{O\&M}} = 101 \times \text{Pop}^{0,11}$.

Fossas sépticas de PVC, existem modelos para 5 a 250 pessoas, os preços variam entre 500 a 15000€⁶.

⁵ Em (Sasse, 1998) são propostas folhas de cálculo para o dimensionamento deste órgão.

⁶ Preços segundo consulta do mercado português.

R.6 - MICRO FOSSA SÉPTICA 'AQUAPRIVY'

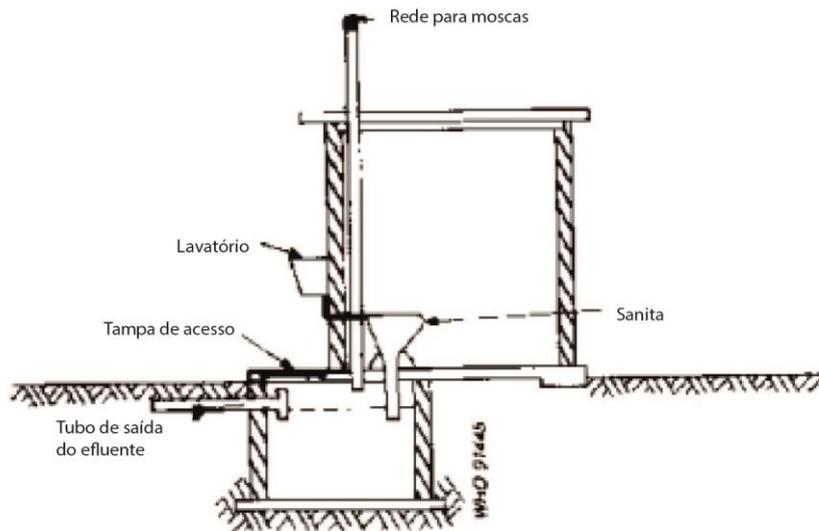


Figura A.17: Esquematização de uma I.S. com micro fossa séptica. Fonte: Franceys, et al., 1992

A micro fossa séptica, também conhecida como “aquaprivy”, é uma versão mais básica da fossa séptica que tem custos de investimento reduzidos, necessita menos espaço para a sua implantação e o seu uso também requer menos água, não é considerado o tratamento de água cinzenta apesar de que a água proveniente de um lavatório poderá ser para aí encaminhada. Esta tecnologia conta com uma única câmara instalada diretamente por baixo da sanita (Franceys, et al., 1992).

O uso de uma sanita com sifão hidráulico facilita bastante a operação deste equipamento que também pode ser usada com sanitas simples, sem sifão hidráulico, desde que seja assegurado que o tubo de queda se encontra constantemente submerso para evitar a disseminação dos maus cheiros e aparecimento de insetos. Para isto é necessário que o nível de água na fossa seja constante durante o seu uso (WHO, 2006).

O seu efluente, embora tenha um caudal reduzido, é bastante concentrado (Franceys, et al., 1992) pelo que também deve ter um tratamento subsequente, poderá ser ligada a **poços absorventes (D.5)**, **trincheiras de infiltração (D.4)** (Monvois, et al., 2010), o tipo de tratamento está dependente da natureza do solo.

Tal como na **fossa séptica (R.6)** a digestão das lamas produz gases que deve ser removido através de um tubo de ventilação que deve ser protegidas da entrada de insetos através da colocação de uma rede para moscas (Franceys, et al., 1992), esta rede deverá ter uma rede de alumínio com uma malha entre 1,2 e 1,5mm (Tilley, et al., 2008).

Vantagens e Desvantagens:

- + Necessita de menos água que a fossa séptica
- + Não necessita de eletricidade para o seu funcionamento
- + Vida útil bastante elevada 10-20 anos
- Pode ser construída num plano elevado tornando-se compatível com terreno rochoso, nível freático elevado ou zonas inundáveis
- Necessita de uma fonte constante de água
- Baixo nível de remoção de patogénicos e matéria orgânica
- Efluente e lamas necessitam de tratamento subsequente
- Execução, dimensionamento e manutenção necessitam de pessoal especializado

Dimensões e características:

Devem ser construídas com um volume mínimo de $1m^3$, deverão ter uma capacidade de $0,15 m^3$ ou $0,5 m^3$ caso a I.S. disponha de uma torneira (Morais, 1962). A estrutura da I.S. deve ser localizada de forma a garantir o acesso à fossa para a sua limpeza, tal como se pode ver na Figura A.17.

Manutenção:

Tal como nas fossas sépticas, as micro-fossas sépticas acumulam lamas no seu fundo deste modo é necessário prever sistemas de remoção e tratamento final das lamas. A remoção das lamas deve ter uma periodicidade de 1 a 2 anos (Franceys, et al., 1992)

Custo:

100-400€ para a construção 10-15€ por ano para manutenção e limpeza (Monvois, et al., 2010)

R.7 - FOSSA DUPLA PARA DESCARGA MANUAL

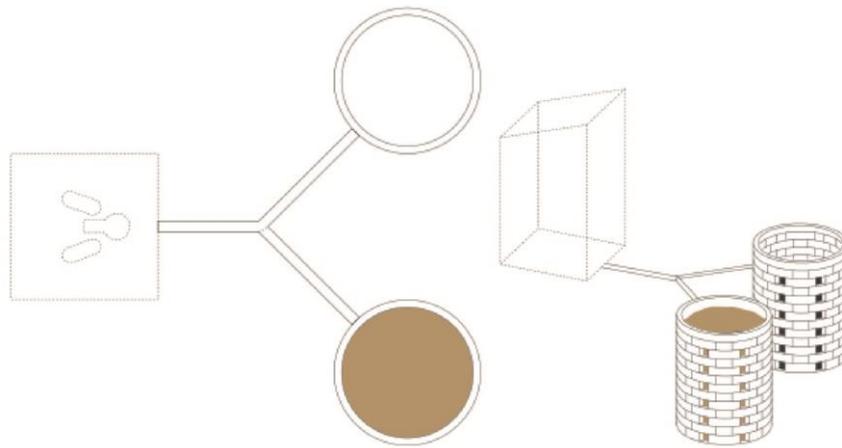


Figura A.18: Esquemática de uma fossa dupla para descarga manual. Adaptado de Tilley , et al., 2008.

A fossa dupla para descarga manual tem uma lógica de funcionamento semelhante à da fossa seca: são duas fossas construídas próximas uma da outra que são utilizadas alternadamente. As fossas húmidas são compatíveis com **sanitas de descarga manual (I.2)** e podem ser usadas a para coleção de águas cinzentas (Tilley , et al., 2008).

A estrutura das fossas terá que ser mais resistente que a utilizada para as fossas secas para garantir que a água dentro das fossas não compromete a integridade, para isto as fossas devem ser revestidas com material resistente, como tijolos, a toda a sua profundidade (Tilley , et al., 2008). O topo da fossa deve ser constituído por uma argamassa resistente (por exemplo cimento) evitando infiltração direta e garantindo o suporte da superestrutura.

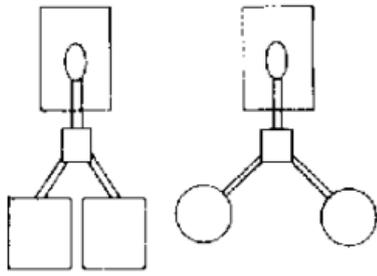
A maneira mais prática de construir esta I.S. é fazendo uma bifurcação da ligação da sanita às fossas. Quando uma fossa está cheia a bifurcação deverá ser tapada e toda a água negra passa a ser encaminhada para a segunda fossa (Tilley , et al., 2008). A água vai-se infiltrando no solo circundante deixando os sólidos desidratados e higienizados, permitindo a sua remoção de uma forma segura após 2 a 3 anos de permanência (Sulabh International, 2012; Tilley , et al., 2008).

A remoção dos patogénios deve-se à infiltração da água no solo circundante pelo que esta tecnologia só deve ser utilizada se o solo permitir boas condições de infiltração, caso contrário há o risco de saturação. Esta tecnologia permite a reutilização da excreta como fertilizante agrícola (Sulabh International, 2012).

A limpeza das fossas é feita manualmente, após um longo período de permanência o conteúdo das fossas aproxima-se do composto, logo esta tecnologia pode ser utilizada em zonas que não sejam acessíveis a meios mecânicos.

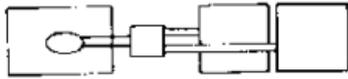
Vantagens e Desvantagens:

- + Necessita de pouca água
- + Fácil aceitação por parte das comunidades
- + Vida útil bastante elevada, se a sua utilização e limpeza foram cuidadosas poderá ser superior a 20 anos
- Alto nível de remoção de patogénios
- Não é compatível com solos rochosos, impermeáveis ou zonas inundáveis.
- Necessita de uma fonte constante de água
- Risco de contaminação dos aquíferos



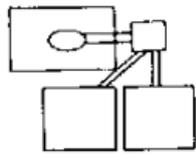
Dimensões e características:

A distância entre as fossas não deverá ser inferior à sua profundidade (Franceys, et al., 1992) sendo que a distância recomendada para minimizar a contaminação cruzada entre fossas é de 1m (Tilley , et al., 2008). Caso não seja possível garantir este espaçamento as paredes de separação das duas fossas devem ser impermeáveis (Franceys, et al., 1992). As fossas devem ser concebidas para que demorem 2 a 3 anos a encher (Sulabh International, 2012) e não devem estar localizadas a menos de 30m de fontes de água (Franceys, et al., 1992).



Manutenção:

As fossas devem ser limpas a cada 2 anos, esta remoção será feita manualmente.



Custo: 50-100€ por I.S. e 5 a 10€/ano para a sua manutenção (Monvois, et al., 2010).

Uma forma de reduzir os custos por utilizador deste tipo de órgão de recolha será ligando várias I.S. a um único conjunto de fossas, Figura A.20 (Franceys, et al., 1992).

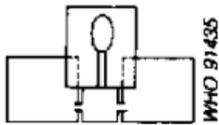


Figura A.19: Múltiplas disposições para a fossa dupla. Fonte: Franceys, et al., 1992.

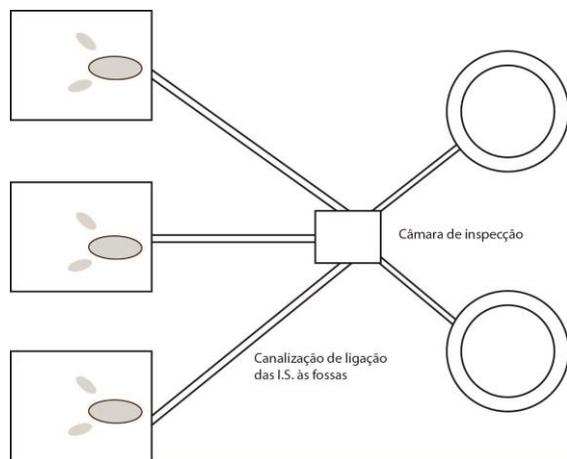


Figura A.20: Ligação de múltiplas I.S. a um único conjunto de fossas para descarga manual. Adaptado de Franceys, et al., 1992.

R.8 - DIGESTOR ANAERÓBICO COM PRODUÇÃO DE BIOGÁS

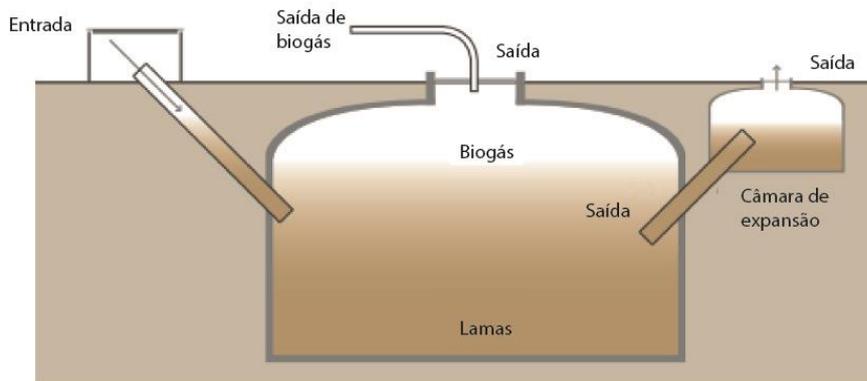


Figura A.21: Esquematização de um digestor anaeróbico com produção de biogás com cúpula fixa. Adaptado de Tilley , et al., 2008.

Este tipo de digestores produzem, através do tratamento anaeróbico de lamas, biogás que pode ser utilizado para a produção de energia. O biogás é uma mistura de metano, dióxido de carbono e outros gases em menores concentrações. Pode ser utilizado a nível de bairro ou a nível familiar.

Os digestores anaeróbicos de biogás podem ser vistos como uma alternativa às fossas sépticas, com a vantagem de produzir biogás. São compostos por um tanque que facilita a decomposição anaeróbica de água negra, lamas e material biodegradável. Também facilitam a separação e recolha do biogás produzido. São especialmente recomendados quando existe a possibilidade de adicionar excrementos de animais, pois potenciam a produção de biogás (Heegde & Sonder, 2007).

Este sistema não é compatível com climas mais frios, abaixo de 15°C deixa de ser um investimento viável (Tilley , et al., 2008). E não devem ser construídos digestores com menos de 5 m³ (Kossmann, et al., 1997).

Existem duas modalidades de construção do tanque: com cúpula fixa ou com cúpula móvel. No primeiro caso a formação dos gases leva ao aumento de pressão dentro da câmara, o gás é expelido pela zona superior da cúpula enquanto as lamas são forçadas para uma saída que está ligada a uma câmara de expansão. Após todo o gás ter sido removido, as lamas voltam para a câmara de digestão. No caso das cúpulas móveis, a variação de pressão faz com que o topo do digestor suba ou desça (Tilley , et al., 2008).

Dimensões e características⁷:

O dimensionamento destes órgãos deve ter em conta a quantidade, a qualidade, o tipo de biomassa disponível e a temperatura a que se dá a digestão (Kossmann, et al., 1997).

De acordo com KOSSMANN, et al., (1997) tempo de retenção é determinado pela temperatura de digestão do substrato. Para um digestor não aquecido, esta temperatura poderá considerar-se 1 a 2 Kelvin acima da do solo. Para digestores simples recomenda-se um tempo de retenção mínimo de 40 dias no

⁷ Para informação mais detalhada sobre o dimensionamento e construção destes órgãos recomenda-se a consulta de: (Kossmann, et al., 1997).

Vantagens e Desvantagens:

- + Não necessita de eletricidade para o seu funcionamento
- + Produção biogás
- + Vida útil bastante elevada 25-50 anos
- Necessita de uma fonte constante de água
- Baixo nível de remoção de patogénicos e matéria orgânica
- Efluente e lamas necessitam de tratamento subsequente
- Execução, dimensionamento e manutenção necessitam de pessoal especializado

entanto são comuns casos em que se consideram tempos de retenção entre 60 a 80, podendo mesmo ultrapassar os 100 dias para casos em que a matéria prima não é abundante.

O volume do digestor, $V [m^3]$, é dado pelo produto da quantidade de substrato, $S_d [m^3/dia]$, pelo seu tempo de retenção hidráulica, $TRH [dia]$:

$$V = S_d \times TRH$$

A quantidade de substrato depende da quantidade de água, W , adicionada à biomassa, B , esta poderá ser numa proporção ($B:W$) entre 1:3 e 2:1 assim, $S_d[m^3] = B + W$.

Manutenção:

Apresenta um melhor funcionamento quando são utilizados produtos ricos em matéria orgânica, podem ser introduzidos outros produtos, como resíduos domésticos ou excrementos de animais, para aumentar a sua eficiência.

Dependendo do seu dimensionamento a remoção das lamas deve ter uma periodicidade que poderá ir dos 6 meses a 10 anos (Tilley , et al., 2008).

Custo:

200 a 600€ para a construção e 5 a 10€/ano para a sua manutenção, por família (Monvois, et al., 2010).

LIMPEZA E TRANSPORTE

T.1 - EQUIPAMENTO MANUAL

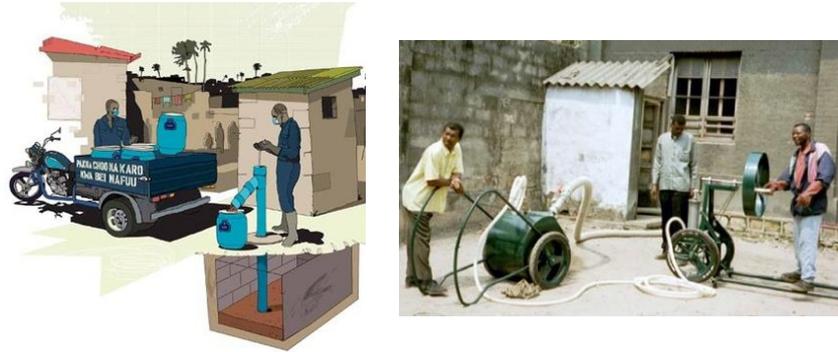


Figura A.22: Exemplos de remoção de lamas de fossas recorrendo a equipamento manual. À esquerda pode ser vista a ilustração da utilização do *Gulper* (fonte: WaterAid America), e à direita o sistema MAPET (fonte: SWWM)

As tecnologias de transporte e remoção de lamas ou outros resíduos existentes nas tecnologias de Recolha/Armazenamento/Tratamento estão dependentes da consistência destes mesmos resíduos. Os trabalhadores deste tipo de serviço devem ser convenientemente treinados para executar estas funções. Cada uma das técnicas mencionadas nesta ficha deverá ser acompanhada por um meio de transporte como carrinhos de mão, motociclos ou semelhantes que garantam o transporte dos resíduos de uma forma eficiente.

Para o caso da remoção de materiais secos, como por exemplo o composto, (**R.1, R.2, R.3, R.4 e R.7**) deve-se recorrer a **baldes e pás**, Figura A.23. Estes materiais deverão ser acomodados cuidadosamente dentro de recipientes como baldes ou bidões de forma a evitar o seu derrame.

Caso contrário, se os resíduos tiverem uma consistência mais líquida as opções de equipamento de limpeza são o *Gulper* ou a MAPET. Estas tecnologias são especialmente úteis para zonas que não são acessíveis por meios mecânicos ou quando não existe disponibilidade financeira para tal. Ambas as tecnologias têm limitações em relação à distância que permitem percorrer (Tilley , et al., 2008). No entanto considera-se que no contexto de sistemas locais isto não será um inconveniente importante.

Tecnologias como o ***Gulper*** são bastante recentes e têm apresentado resultados promissores em situações que por motivos económicos, de acessibilidade ou segurança não é possível a utilização de outros métodos mecânicos ou motorizados (Tilley , et al., 2008). O funcionamento destas bombas é bastante semelhante ao das bombas de água. O tubo é introduzido na fossa enquanto o seu operador se encontra à superfície, movimentando a manivela da bomba de forma que a lama suba pelo tubo sendo descarregada através da saída em V (Ideas at Work, 2007). Devem ser utilizados recipientes estanques para a recolha deste tipo de lamas, o seu transporte deverá ser cuidadoso de forma a garantir que não há derrame ou espalhamento de material patogénico.

Vantagens e Desvantagens:

- + Não necessita de eletricidade para o seu funcionamento
- + Potencial para criar postos de trabalho e desenvolvimento da comunidade
- + O *Gulper* pode ser construído e reparado com materiais locais.
- + Acesso facilitado a zonas com construção densa ou remota.

- Risco de derrames
- Impossibilidade de percorrer grandes distâncias.
- A reparação do MAPET pode necessitar de mão-de-obra especializada



Figura A.23: Remoção manual do conteúdo de uma *fossa alterna* utilizando uma pá. Fonte: Peter Morgan.

A **MAPET** consiste numa bomba manual ligada a um tanque de vácuo que pode ter rodas, ou então estar montado num carrinho de mão. A lama é removida através de uma mangueira ligada ao tanque. Quando a bomba é acionada o ar do tanque é removido e a lama é sugada para dentro deste. A altura de aspiração da MAPET depende da consistência da lama e pode atingir os 3m (Tilley, et al., 2008).

Dimensões e características:

Gulper:	MAPET:
Comprimento: 2m; Diâmetro: 10cm; Velocidade de operação: aprox 1m ³ /min.	Altura de aspiração: depende da consistência da lama, max: 3m.

Manutenção:

As peças de cada equipamento devem ser limpas após cada utilização. Para facilitar a remoção das lamas por sucção poderá ser necessário adicionar água para aumentar a sua diluição.

Todos os seus operadores devem estar devidamente informados sobre os riscos que esta atividade acarreta e terão que estar devidamente protegidos com luvas, botas, máscaras e roupas de trabalho.

Custo:

Baldes e pás: custo pouco significativo e dependente de disponibilidade local

MAPET: 400-1000€ por equipamento, 5-15€ para manutenção (Monvois, et al., 2010).

Gulper: O custo de investimento será cerca de 160€ e o custo de O&M será 15 a 20€ por fossa. (Ideas at Work, 2007)

T.2 - EQUIPAMENTO MOTORIZADO



Figura A.24: O Vacutug. Fonte: UN-HABITAT.

Quando as condições locais permitem, a melhor solução para a remoção e transporte do conteúdo das fossas e câmaras é a utilização de veículos equipados com bombas motorizadas e tanque de armazenamento⁸. São necessários operários para manobrar os equipamentos mas não intervêm diretamente no seu transporte. Os trabalhadores deste tipo de serviço devem ser convenientemente treinados para executar estas funções.

O Vacutug, foi desenvolvido pela UN-HABITAT tem como objetivo facilitar o acesso de equipamentos motorizados a zonas onde o aluguer de camiões de vácuo não seja financeiramente possível ou a dimensão dos arruamentos não permite o acesso dos camiões às fossas. Esta tecnologia foi desenvolvida de forma a possibilitar a sua replicação por artífices locais utilizando materiais de fácil aquisição e reparação (UN-HABITAT, 2012). Caso o conteúdo das fossas se encontre muito consolidado será necessário diluí-lo com alguma água para possibilitar a sua remoção (Tilley, et al., 2008).

Dimensões e características (Issaias, 2006)

Distância: Curta

Capacidade: 500L

Velocidade: 5km/h

Os operadores destes equipamentos devem ter como objetivo a limpeza de 8 fossas/dia para cobrir os custos de manutenção.

Manutenção (Tilley, et al., 2008)

As peças de cada equipamento devem ser limpas após cada utilização. Todos os seus operadores devem estar devidamente informados sobre os riscos que esta atividade acarreta e terão que estar devidamente protegidos com luvas, botas, máscaras e roupas de trabalho.

O Vacutug também necessita de combustível. A sua construção e manutenção é mais fácil localmente. São necessárias 5 pessoas para a sua operação.

Custo

O custo de investimento para um Vacutug será de 4000€ (Issaias, 2006) enquanto a sua O&M: 150 a 1.000€/ano (Monvois, et al., 2010).

Vantagens e Desvantagens:

+ Maior eficiência e rapidez de operação

+ Potencial para criar postos de trabalho

+ O Vacutug pode ser construído e reparado com materiais locais.

+ O Vacutug torna possível o acesso a zonas com construção densa ou remota.

Custos elevados

Os camiões podem ter dificuldades para aceder a certas localizações

Lixo presente nas fossas pode entupir as mangueiras

O Vacutug não percorre grandes distâncias.

- Pode ser difícil de adquirir certas peças para a manutenção

- Poderá ser necessário ter acordos com os municípios

Não remove lamas espessas.

⁸ No contexto de sistemas locais não faz sentido considerar camiões de sucção, devido às distâncias a percorrer que são curtas e aos custos elevados que lhe estão associadas tanto à sua aquisição como ao seu custo de operação-

TRATAMENTO COMPLEMENTAR

D.1 - LEITOS DE SECAGEM DE LAMAS SIMPLES

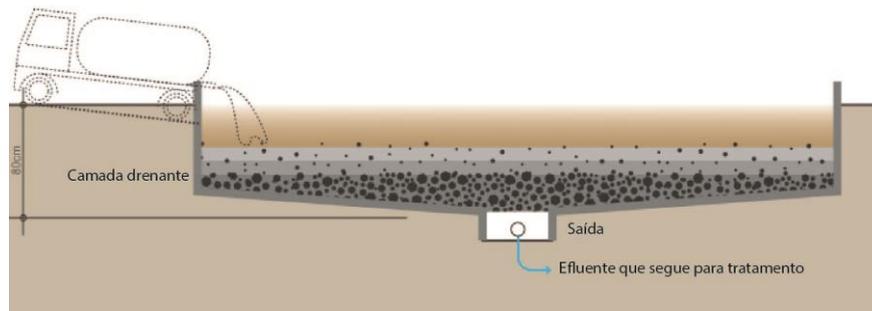


Figura A.25: Esquematização de um leito de secagem de lamas simples. Adaptado de Tilley , et al., 2008.

Os leitos de secagem são um método de tratamento das lamas retiradas das fossas. A secagem das lamas, através de evaporação e percolação, leva a uma grande redução do seu volume, no entanto este tratamento não garante a sua completa higienização (Tilley , et al., 2008). Caso as lamas não estejam previamente estabilizadas, como com as lamas retiradas de **fossas sépticas (R.5)**, é recomendável que tenham um tratamento subsequente depois de secas (Bartolomeu, 1996).

Estes leitos são constituídos por tanques retangulares com uma pequena altura e são preparados com material filtrante (areia e gravilha) que permite a percolação da água presente nas lamas, de baixo destas camadas existe um sistema de drenagem que encaminha o efluente para a próxima etapa do tratamento (Tilley , et al., 2008).

Uma vez secas as lamas terão uma composição de cerca de 60% de água. Por esta altura a lama está seca e deve ser separada da camada de areia e transferida para a próxima fase do tratamento (Bartolomeu, 1996).

Esta tecnologia é uma forma eficiente de reduzir o volume das lamas, facilitando o transporte para a próxima fase de tratamento, seja compostagem ou eliminação por aterro. Os leitos devem ser projetados de forma a serem completamente acessíveis pelos veículos de recolha de lamas e pessoas, devem estar planeadas zonas de descarga das lamas frescas e de carregamento de lamas secas (Tilley , et al., 2008).

Estes órgãos de tratamento poderão ser fontes de maus odores pelo que deverão localizar-se sempre a uma distância mínima de 300m de casas e não devem estar localizadas na direção de ventos dominantes

Vantagens e Desvantagens:

- + Não necessita de eletricidade para o seu funcionamento
- + Vida útil bastante elevada 25-50 anos
- + Poderá gerar empregos
- + Leitos poderão ser aumentados caso haja maior produção de lamas.
- Grande área de implantação
- Pode gerar odores desagradáveis e ser chamariz de insetos
- Efluente necessita de tratamento subsequente
- Execução, dimensionamento e manutenção necessitam de pessoal especializado

Dimensões e características:

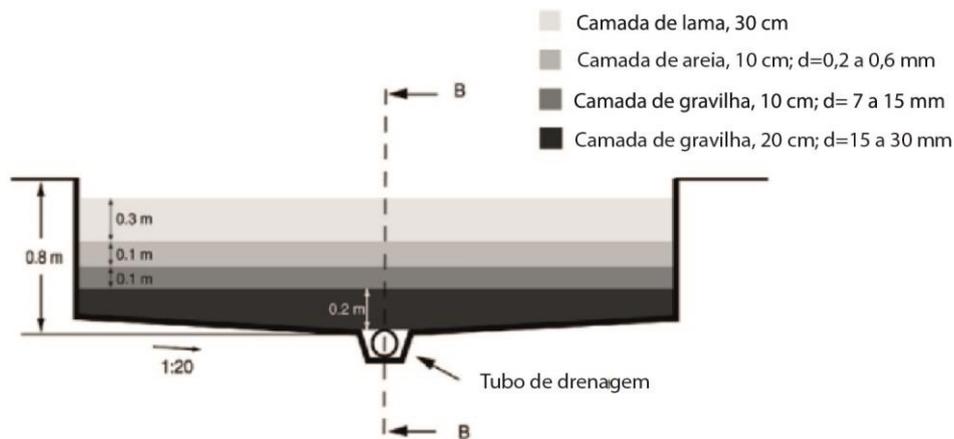


Figura A.26: Seção transversal de um leito de secagem de lamas simples. Adaptado de Strauss, et al., 2004.

A determinação da área superficial deve ser feita considerando uma espessura máxima de lamas de 20 cm e um período de secagem de 35 dias. Nunca devem ser construídos menos que dois leitos e com dimensões pequenas para que a remoção das lamas seja frequente (Bartolomeu, 1996).

O fundo dos tanques deve ser ligeiramente inclinado (aprox. 2%) para garantir a drenagem do caudal infiltrado, os tubos de saída do efluente têm um diâmetro que seja compatível com o caudal drenado (Strauss & Montanegro, 2004).

O filtro é constituído por três camadas, Figura A.26: uma camada de brita de 15 a 30 mm, com 20 cm de espessura, colocada no fundo dos leitos, à qual se sobrepõe uma camada de 0,10 m de espessura, de gravilha com 7 a 15 mm e finalmente uma camada de areia com 0,2 a 0,6 mm de diâmetro (Strauss & Montanegro, 2004).

Manutenção:

Os filtros de areia devem ser limpos quando já são notórios os efeitos da sua colmatagem e as tubagens devem ser verificadas regularmente para garantir que a água está a ser corretamente direcionada para o tratamento secundário (Monvois, et al., 2010). A remoção das lamas secas também remove alguma areia pelo que as camadas superficiais devem ser repostas com alguma regularidade.

Os operadores devam usar proteções como luvas, botas e roupa de trabalho para minimizar o risco da sua contaminação.

Custo⁹:

20 a 50€ para a construção por família e 2 a 4€ para a sua manutenção por família/ano (Monvois, et al., 2010).

⁹ Para uma informação mais detalhada sobre os custos associados a experiências utilizando este tipo de órgão de tratamento aconselha-se a consulta das seguintes publicações: (Strauss & Montanegro, 2004; Steiner, et al., 2002).

D.2 - LEITOS DE SECAGEM DE LAMAS COM MACRÓFITAS

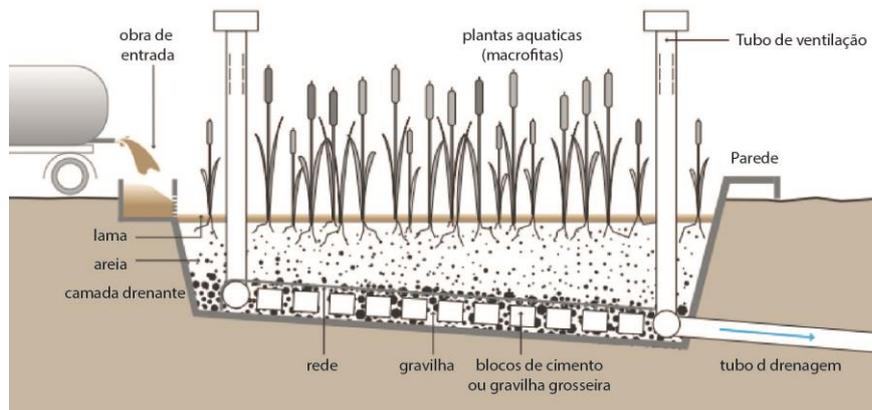


Figura A.27: Esquematização de um leito de secagem de lamas com macrófitas. Adaptado de Tilley , et al., 2008

É um processo de secagem semelhante ao leito de secagem de lamas simples, a diferença reside no facto do filtro ter, para além de areia e gravilha, plantas que acrescentam o efeito da transpiração para a secagem das lamas.

As lamas são depositadas na superfície do leito e a sua fração líquida percola verticalmente para o fundo do filtro. As raízes e rizomas das plantas criam e mantem uma estrutura porosa mesmo na parte sólida depositada o que permite que o leito mantenha a sua capacidade de desidratação durante um período de tempo mais longo (Hemkendreis, et al., 2008).

O facto destes leitos apresentarem uma aparência mais agradável, devido às plantas torna-os mais facilmente aceites pelas comunidades (Tilley , et al., 2008).

Estes órgãos necessitam de menos manutenção que os leitos de secagem de lamas simples o que torna a sua operação menos dispendiosa. O maior período de permanência das lamas nos leitos faz com que estas se tornem uma matéria estável em climas mais quentes as lamas secas podem atingir um nível de eliminação de microrganismos patogénios que tornem a sua utilização na agricultura aceitável (Hemkendreis, et al., 2008).

Dimensões e características:

Os leitos devem ser constituídos por três camadas, a primeira com cerca de 25cm de espessura deve ser composta por gravilha com 20mm de diâmetro, a segunda deve ter a mesma espessura com granulometria inferior, cerca de 5mm. O restante, 100 a 150mm deve ser composto por areia fina. Deve ser contabilizado cerca de 1m livre para ter em conta a acumulação de sólidos durante o seu funcionamento (Monvois, et al., 2010).

As lamas frescas devem ser adicionadas com frequência semanal, em camadas de 75 a 100 mm de espessura, podendo chegar a uma carga de 250 kg /m²/ano (Tilley , et al., 2008).

Vantagens e Desvantagens:

- + Não necessita de eletricidade para o seu funcionamento
- + Vida útil bastante elevada 25-50 anos
- + Poderá gerar empregos
- + Leitos poderão ser aumentados caso haja maior produção de lamas.
- Grande área de implantação
- Tempo de retenção bastante longo
- Pode gerar odores desagradáveis e ser chamariz de insetos
- Efluente necessita de tratamento subsequente
- Execução, dimensionamento e manutenção necessitam de pessoal especializado

Manutenção:

As lamas secas devem ser retiradas a cada 4 a 5 anos, estas operações de limpeza devem ser levadas a cabo por pessoal especializado para a sua operação e manutenção; as plantas necessitam de desbaste periódico. Como a lama não é higienizada, todos os seus operadores devem estar devidamente protegidos.

Custo¹⁰:

Em (Monvois, et al., 2010) é proposto que se considerem 25 a 60€ para a construção e 2 a 4€ para a sua manutenção por família.

Em (Brettl, 2013) são propostas as seguintes expressões de cálculo para o custo, em €, de construção e O&M para os leitos de secagem de lamas com macrófitas:

$$\text{custo de construção para áreas} \begin{cases} \leq 50 \text{ m}^2 = 522 \times \text{Área}^{0,72} \\ > 50 \text{ m}^2 = 31 \times \text{Área} + 10523 \end{cases}$$

$$\text{custo de OeM para áreas} \begin{cases} \leq 100 \text{ m}^2 = 8 \times \text{Área}^{0,96} \\ > 100 \text{ m}^2 = 4,5 \times \text{Área} + 664 \end{cases}$$

¹⁰ Para uma informação mais detalhada sobre os custos associados a experiências utilizando este tipo de órgão de tratamento aconselha-se a consulta das seguintes publicações: (Strauss & Montanegro, 2004; Steiner, et al., 2002).

D.3 - CO-COMPOSTAGEM

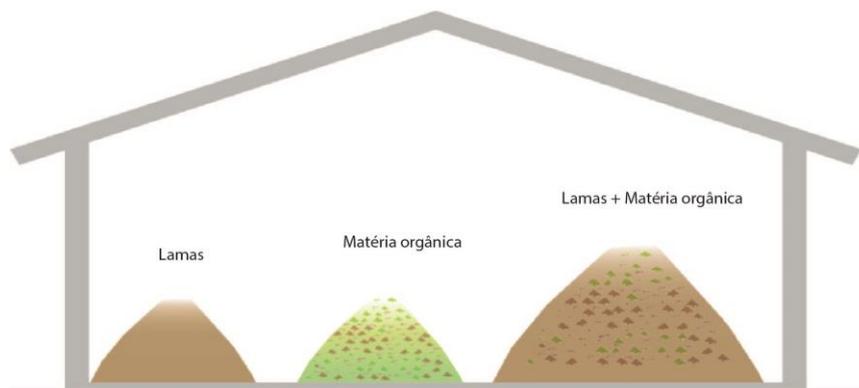


Figura A.28: Esquemática do processo de co-compostagem. Adaptado de Tilley, et al., 2008.

Co-compostagem é um processo de degradação aeróbia em que o material orgânico, proveniente de mais que uma matéria-prima (lamas fecais e resíduos sólidos), é decomposto por bactérias e outros organismos, destruindo também o material patogénico presente. O composto final pode ser utilizado como fertilizante de campos sem qualquer risco para a saúde.

A co-compostagem difere da compostagem por utilizar uma mistura de lamas, resíduos domésticos e alguma vegetação (Hemkendreis, et al., 2008). A proporção lamas/lixo depende se as lamas são desidratadas, provenientes de leitos de secagem simples ou com macrófitas, ou ainda líquidas. Enquanto as lamas fecais são uma grande fonte de humidade e carbono, os resíduos domésticos e vegetais apresentam boas propriedades de enchimento, aumentando o volume da mistura e garantindo a circulação de ar no interior das leiras (Tilley, et al., 2008).

A co-compostagem pode ser feita dispondo a mistura em pilhas com cerca de 1m de altura, chamadas leiras, e deixando-a a decompor-se. É aconselhável que as leiras sejam cobertas por composto ou terra por forma a uniformizar a dispersão do calor dentro da pilha. Cobrir a área de co-compostagem é recomendável pois assim é possível controlar o excesso de evaporação e proteção da chuva (Tilley, et al., 2008).

A co-compostagem pode ser vista como uma forma eficiente de eliminar e valorizar também os resíduos domésticos. No entanto este lixo deve ser cuidadosamente controlado e escolhido, só devem ser adicionados materiais biodegradáveis. A existência de plásticos ou vidros pode por em causa o bom funcionamento destas instalações, para além de se apresentarem como um risco adicional para a saúde dos operadores das instalações de compostagem.

No que toca à co-compostagem com resíduos sólidos, nomeadamente restos de alimentos é importante ter em consideração que caso as populações utilizem estes desperdícios para alimentar o gado, é pouco provável que colaborem com estes resíduos para a compostagem (Hemkendreis & Güdel, 2008).

Em sistemas de menor dimensão não é costumeira a adição de excrementos de animais dado que implica uma maior quantidade de material de enchimento para garantir o fluxo de ar dentro das leiras e pode tornar mais difícil o controlo de

Vantagens e Desvantagens:

- + Não necessita de eletricidade para o seu funcionamento
- + O treino necessário para a sua operação é fácil de obter
- + Vida útil bastante elevada 25-50 anos
- + Poderá gerar empregos e melhorar produção agrícola
- + Custo de investimento e custo de manutenção baixos
- Grande área de implantação
- Não é recomendada para zonas com precipitação abundante
- Tempo de retenção bastante longo
- Pode gerar odores desagradáveis e ser chamariz de insetos
- Dimensionamento e manutenção necessitam de pessoal especializado

roedores e outros animais que são vetores de doenças.

Estas instalações devem ser localizadas próximo do local de produção de lamas e também deve ser facilmente acessível para os agricultores (Hemkendreis, et al., 2008).



Figura A.29: Leiras de co-compostagem numa instalação piloto perto de Kumasi, Gana.

Fonte: Hemkendreis, et al., 2008.

Dimensões e características:

Existem várias modalidades de co-compostagem que dependem essencialmente da dimensão da instalação e da quantidade de matéria a tratar. Segundo (Hemkendreis & Güdel, 2008) a escala do tratamento poderá ir desde a compostagem no quintal até às instalações de compostagem municipais. No contexto do presente trabalho enquadra-se a compostagem a nível individual, no quintal, a compostagem descentralizada ao nível do bairro, como pequeno negócio ou compostagem descentralizada ao nível da aldeia/comunidade. Instalações de menores dimensões facilitam a sua operação e é produzido composto de melhor qualidade.

Utilizando lamas secas a proporção lamas e resíduos sólidos deve ser entre 1:2 e 1:3. Caso se usem lamas frescas esta proporção sobe para 1:5 a 1:10 (Tilley, et al., 2008). Caso as condições de operação sejam as necessárias para tratamento termófilo (humidade a 50-60%, e rácio carbono-hidrogénio a 30-35 e mistura de material de enchimento que garante um bom arejamento do material) a temperatura aumenta entre 50 a 65°C e estas temperaturas inativam os patógenos de uma forma eficiente (WHO, 2006).

Para além da área de compostagem é necessário prever espaço para a cura do composto, zona de trituração e seleção dos resíduos sólidos e uma zona para preparação e manipulação da mistura. É recomendável que seja criado um sistema de recolha da água libertada durante o processo.

Manutenção:

Caso a operação do local de compostagem seja feita de um modo rigoroso, ou seja, remexendo o material regularmente durante as 3 a 4 semanas em que se verifica este tipo de tratamento, será possível atingir reduções de patógenos da ordem de 90 a 99%, para isto será necessário que o material seja compostado durante aproximadamente 3 meses (WHO, 2006).

Caso seja possível é aconselhável o controlo da temperatura das leiras. Apesar de o produto final da compostagem, o composto, não representar um risco para a saúde, os trabalhadores destas instalações devem utilizar roupa de trabalho adequada quando manuseiam as lamas fecais (Tilley, et al., 2008).

Custo:

Em BRETTL (2013) são propostas expressões para o cálculo do custo de investimento, em €/m³/dia, de acordo com a capacidade, em m³/dia, de resíduos para co-compostagem diários:

$$\text{Custos de construção} = 18528 \times \text{Capacidade}^{0,7}$$

Este autor também sugere custos anuais de O&M de acordo com a capacidade da instalação, €/m³/dia/ano:

$$\text{Custos de O\&M} = 16235 \times \text{Capacidade}^{0,51}$$

D.4 - TRINCHEIRAS DE INFILTRAÇÃO

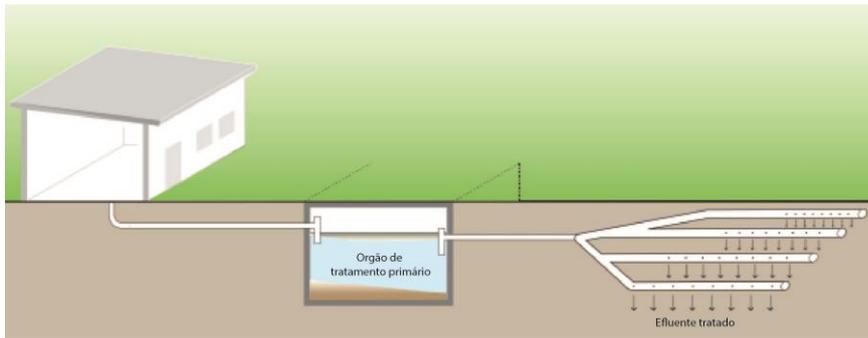


Figura A.30: Esquemática da utilização de trincheiras de infiltração precedidas por um órgão de tratamento primário. Adaptado de Tilley, et al., 2008.

É a solução mais económica e segura para a infiltração de efluentes provenientes de tratamento primário como a **fossa séptica (R.5)**. Poderá ser usado sempre que o terreno oferece boas condições de permeabilidade e o posicionamento do nível freático não acarreta o perigo de poluição de águas subterrâneas (Morais, 1962).

Estas instalações garantem a depuração do efluente através de ação mecânica e ação biológica. A porosidade do solo garante a filtração dos sólidos em suspensão no esgoto. A ação biológica é um processo aeróbico que é assegurado por bactérias presentes nas camadas superiores do terreno.

Uma trincheira de infiltração consiste numa vala no terreno, de secção retangular ou trapezoidal, onde é instalada uma tubagem com juntas abertas e envolta em material drenante, como brita, para fazer a distribuição do efluente ao longo do terreno.

Sobre a camada drenante deverá ser feito um aterro com o material retirado da vala, caso este tenha as propriedades de permeabilidade necessárias. Estas duas camadas devem estar separadas por uma camada de geotêxtil ou palha, feno, agulhas de pinheiro, deste modo evita-se que a passagem de finos do terreno colmate a camada filtrante que envolve a tubagem. Para aumentar o potencial de infiltração podem ser unidas várias trincheiras, este sistema passa a designar-se por leito de infiltração. Neste caso é necessário utilizar dispositivos que garantam a repartição equitativa entre as diversas trincheiras, câmara de repartição (Bartolomeu, 1996).

Caso a topografia não permita a construção de trincheiras paralelas, poderá ser construída uma trincheira, cujas fiadas formam um S, neste caso deixa de ser necessária a câmara repartidora.

Vantagens e Desvantagens:

- + Não necessita de eletricidade para o seu funcionamento
- + Poderá ser utilizado para irrigação subterrânea
- + Custo de construção moderado e custo de manutenção baixos
- Grande área de implantação
- Necessita de pré-tratamento
- Não é compatível com terreno rochoso ou com nível freático elevado
- Pode contaminar águas subterrâneas
- Não deve ser usado em contexto urbano
- Dimensionamento necessita de pessoal especializado

Dimensões e características:

O dimensionamento deste órgão de infiltração é bastante simples e consiste na determinação da extensão de trincheira necessária para a infiltração do efluente. Esta área é proporcional à população e varia consoante a permeabilidade do terreno. Cada trincheira não deverá ultrapassar os 25m de comprimento (Morais, 1962; Bartolomeu, 1996).

Dimensões da vala: Largura: 0,3 a 0,9m. Profundidade: 0,3 a 1,0m.

Inclinação: entre 0,2 e 0,5%

Tubagens: Diâmetro mínimo de 100mm, comprimento máximo 1m. Devem ser aplicadas sobre 15cm de material drenante e devem ser cobertas por 30 cm de terra, pelo menos.

Material drenante: brita, godo ou escórias com diâmetro entre os 2 e 5cm. O material drenante deve ser coberto por geotêxtil, palha, feno ou agulhas de pinheiro.

Os leitos de infiltração devem estar a um mínimo de 30m de qualquer fonte de água e a 3,5m do nível freático (Franceys, et al., 1992). Também não é recomendável uma distância inferior a 3m entre as trincheiras e habitações.

Caso seja possível, recomenda-se a realização de ensaios para determinar a permeabilidade dos solos, assim poderá ser utilizada a Tabela A.I como orientação para o dimensionamento do comprimento das trincheiras. Caso sejam usadas várias trincheiras, ou seja, um leito de infiltração, estas deverão estar afastadas 2m entre si. Se não for possível a determinação da permeabilidade, pode ser usada a mesma tabela conhecendo só a natureza dos solos.

Tabela A.I: Dimensionamento da trincheira de infiltração de acordo com as propriedades de permeabilidade do solo (Bartolomeu, 1996).

Tempo de infiltração para um abaixamento de 2,5cm (min)	Taxa de infiltração ($l/m^2 \times dia$)	Largura da trincheira no fundo (m)	Comprimento da trincheira de infiltração por habitante (m/hab)	Permeabilidade (cm/s)	Natureza dos solos	
≤ 2	130	0,6	1,5	1×10^{-2}	Areia grossa	
3	105		1,7	5×10^{-3}	Mistura de areia	
4	90		2,2			
5	85		2,4			
10	60		3,3	1×10^{-3}	Areia fina	
15	45		4,4			
30	35		5,7	1×10^{-4}	Areia siltosa	
60	25		8,0			
> 30			Não aplicável			Silte

Manutenção:

Não devem existir árvores ou outra vegetação sobre as trincheiras de forma a permitir o acesso às tubagens caso seja necessário proceder ao seu desentupimento ou substituição (Tilley, et al., 2008).

Aconselha-se uma vistoria semestral caso não sejam utilizadas câmaras repartidoras, caso contrário as vistorias deverão ser mais frequentes. Nestas vistorias deverá verificar-se que o terreno não apresenta indícios de refluxo de esgoto. Caso isto aconteça as trincheiras afetadas poderão ser desativadas durante 1 a 2 meses através da câmara de repartição de caudal. Estas vistorias também servem para controlar o estado da **fossa séptica (R.5)**, se nas câmaras repartidoras de caudal existir uma grande quantidade de sólidos então será um sinal que a fossa necessita de limpeza (Morais, 1962).

Custo:

Custo de investimento de 30 a 60€ por trincheira de infiltração e 5-15 €/ano para manutenção (Monvois, et al., 2010).

D.5 - POÇOS DE INFILTRAÇÃO

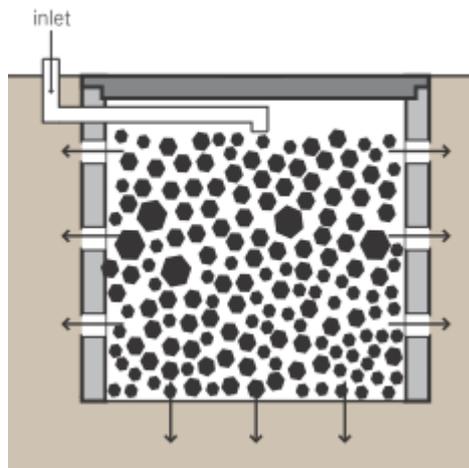


Figura A.31: Planta e corte de um poço de infiltração. Fonte: Bartolomeu, 1996.

Os poços de infiltração são especialmente aconselháveis quando o terreno disponível é constituído por solo impermeável assente sobre fundações permeáveis. Caso o solo seja permeável o poço absorvente torna-se mais económico que a trincheira, no entanto implica maiores riscos de contaminação da toalha freática (Bartolomeu, 1996).

Um poço de infiltração consiste numa construção cilíndrica escavada no terreno, cuja profundidade é suficiente para atingir as camadas permeáveis do solo. É possível conhecer a permeabilidade do solo através de ensaios de percolação.

É sempre recomendável a construção de mais que um poço pois pode dar-se a sua colmatção, a repartição do caudal entre os diferentes poços de infiltração deve ser feita por uma câmara repartidora. Por outro lado, é necessário ter em consideração que caso haja um aumento na captação poderá ser necessária a expansão do sistema de infiltração.

Para garantir uma depuração mínima a base da camada drenante de fundo deverá estar pelo menos a 1,5 m acima do nível freático (Tilley, et al., 2008). O espaçamento entre poços deverá ser triplo do diâmetro do maior poço e com o mínimo de 6m para poços com profundidade superior a 6m. O diâmetro dos poços absorventes deve estar entre 1 e 3m (Morais, 1962).

Caso as formações permeáveis não se localizem a pouca profundidade o poço pode ser escavado até serem atingidas e os ensaios de permeabilidade poderão ser feitos a partir desse nível. Caso existam dúvidas sobre a impermeabilidade da camada superior é aconselhável que sejam realizados ensaios em diferentes profundidades. A permeabilidade considerada para o dimensionamento deverá ser a média destes valores (Morais, 1962)-

Vantagens e Desvantagens:

- + Não necessita de eletricidade para o seu funcionamento
- + Poderá ser construído usando materiais locais
- + Custo de construção e manutenção baixos
- + Compatível com solos com uma camada superficial impermeável.
- Necessita de pré-tratamento
- Não é compatível com terreno rochoso ou com nível freático elevado
- Pode contaminar águas subterrâneas
- Não deve ser usado em contexto urbano
- Dimensionamento necessita de pessoal especializado

Dimensões e características:

Caso seja possível, recomenda-se a realização de ensaios para determinar a permeabilidade dos solos, assim poderá ser utilizada a Tabela A.2 como orientação para o dimensionamento dos poços de infiltração.

Estrutura: O poço deve ter as suas paredes revestidas de alvenaria com juntas abertas envolta numa camada de material drenante. A parte superior dos poços deve ser impermeável e constituída por um material resistente como anéis pré-fabricados de betão ou uma zona mais resistente em que as juntas são cimentadas.

Material Drenante: Camada de brita, godo ou escórias com 2 a 5 cm de diâmetro com espessura superior a 15cm, no caso de terrenos pouco permeáveis esta camada pode chegar aos 60cm. O fundo do poço também deve ser assente sobre uma camada deste material, com uma espessura entre 0,40 e 0,60m.

Tabela A.2: Altura útil do poço absorvente em função da velocidade de percolação (Morais, 1962; Bartolomeu, 1996).

Tempo de infiltração para um abaixamento de 2,5cm (min)	Permeabilidade e (cm/s)	Taxa de infiltração ($l/m^2 \times dia$)	Natureza dos solos	Diâmetro do poço (m)						
				1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,50	3,00
≤ 2	1×10^{-2}	130	A. grossa	0,39	0,31	0,26	0,22	0,20	0,16	0,13
3	5×10^{-3}	105	Mistura de areia	0,47	0,38	0,31	0,27	0,24	0,19	0,16
4		90		0,54	0,43	0,36	0,31	0,27	0,22	0,18
5		85		0,59	0,47	0,39	0,34	0,30	0,24	0,20
10	1×10^{-3}	60	Areia fina	0,78	0,62	0,52	0,45	0,39	0,31	0,26
15		45		0,89	0,71	0,59	0,51	0,45	0,39	0,30
30	1×10^{-4}	35	A. siltosa	1,17	0,94	0,78	0,67	0,59	0,47	0,39
> 30				Não aplicável						

Manutenção:

Para os poços de infiltração serão suficientes visitas a cada 6 meses. O poço deverá ser destapado e deverá verificar-se se o líquido é absorvido normalmente. Caso haja sinais de colmatção então a camada drenante deverá ser limpa ou substituída. Se após a limpeza ou substituição continuar a ser notórias anomalias na infiltração do líquido então é provável que seja o próprio solo a atingir a saturação. Neste caso será necessária a construção de um novo poço (Morais, 1962).

É devido a este fenómeno de saturação que o pré-tratamento das águas residuais é crucial. No entanto a sua colmatção é inevitável pelo que deve haver a possibilidade de construir mais poços na área.

Custo:

Os custos, por habitante, relativos à implantação deste tipo de órgão de infiltração são muito variáveis: dependem da permeabilidade do solo e da profundidade das camadas permeáveis (Bartolomeu, 1996).

Como valor indicativo pode-se considerar (Monvois, et al., 2010):30-60€ por poço de infiltração e 5 a 10€ anuais para manutenção.

D.6 – TRINCHEIRAS FILTRANTES DE AREIA

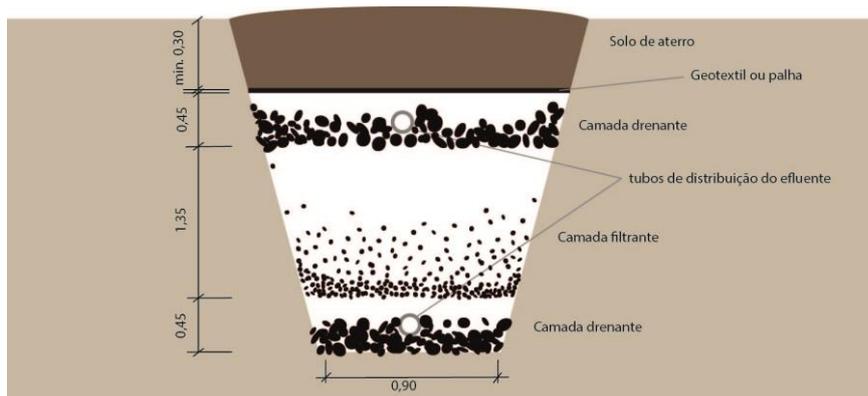


Figura A.32: Corte transversal de uma trincheira filtrante de areia.

As trincheiras filtrantes são um órgão complementar à **fossa séptica (R.5)**. Quando o terreno disponível é impermeável, ou tem uma capacidade de infiltração tão baixa que torna inviável a utilização de sistemas de infiltração do efluente, é recomendável considerar a opção de trincheiras filtrantes. O destino final deste efluente é a **descarga em massas de água (F.4)** (Bartolomeu, 1996).

Este processo de tratamento do efluente consiste em submeter o esgoto a uma ação mecânica de filtração biológica, complementada por uma ação biológica de menor importância. A retenção de partículas sólidas que não foram previamente sedimentadas melhora a qualidade do efluente, tornando-o suscetível de ser descarregado em cursos de água sem por em risco a saúde pública.

A filtração acontece através de um leito de areia grossa interposto entre duas fiadas de tubos dispostos ao longo de uma vala. O tubo superior é de distribuição do efluente enquanto o inferior faz a recolha do efluente. O espaço entre as duas tubagens é preenchido por material filtrante (Bartolomeu, 1996).

As trincheiras filtrantes dispõem de uma câmara de repartição de caudal principal e câmaras secundárias montante. A jusante as trincheiras confluem para uma tubagem principal que faz a ligação ao meio receptor. A existência das câmaras repartidoras faz com que o caudal chegue às diferentes trincheiras de uma forma equilibrada (Bartolomeu, 1996).

Caso a área necessária para a infiltração da água residual seja muito elevada, e consequentemente um custo muito elevado, então poderá considerar-se o filtro de areia enterrado que Os filtros de areia enterrados não são mais do que a junção, lado a lado, de várias trincheiras de infiltração em paralelo, mas em que a camada filtrante de areia constitui um elemento único, contínuo (Matos & Ferreira, 2012). As áreas de dimensionamento mantêm-se as mesmas das trincheiras.

Dimensões e características:

O dimensionamento deste órgão de infiltração é bastante simples e consiste na determinação da extensão de trincheira necessária para a filtração do efluente, deve ser contabilizada uma área de fundo de trincheira de 1,5m² por cada habitante, este dimensionamento é independente das características de permeabilidade do terreno. Não devem ser executadas instalações com área

Vantagens e Desvantagens:

- + Não necessita de eletricidade para o seu funcionamento
- + Custo de construção moderado e custo de manutenção baixo.
- + Pode ser usado em terreno impermeável.
- Necessita de pré-tratamento
- Não é compatível com terreno rochoso ou com nível freático elevado
- Não deve ser usado em contexto urbano
- Dimensionamento e construção necessita de pessoal especializado

inferior a 10m² (Bartolomeu, 1996).

Cada trincheira não deverá ultrapassar os 21,5m de comprimento e é constituída por duas tubagens sobrepostas com juntas abertas, excetuando no troço inicial e envoltas em material drenante, como brita, godo ou escórias. Entre estas duas tubagens existe a camada filtrante, constituída por areia (Bartolomeu, 1996). Devem ser sempre construídas, no mínimo, duas trincheiras para assegurando um espaçamento mínimo de 2m entre si.

A passagem do efluente pelo meio filtrante garante a remoção dos sólidos ainda existentes. O material drenante deve ser coberto pelo material que foi retirado para a abertura das trincheiras. Estas duas camadas devem estar separadas por uma camada de geotêxtil ou palha, feno, agulhas de pinheiro, deste modo evita-se que a passagem de finos do terreno colmate a camada filtrante que envolve as tubagens.

Dimensões da vala: Secção retangular ou trapezoidal com largura de 0,6 a 1,5m, dependendo das características do terreno. Profundidade de 1,4 a 1,75m, depende da cota de chegada do coletor afluente e da altura do aterro sobre a tubagem de distribuição (Morais, 1962).

Tubagens: Diâmetro não deve ser superior a 100mm. Tubagem de distribuição deve ter um declive de 0,5%.

Camada drenante: As tubagens devem estar envoltas numa camada de 20 a 30cm de espessura com 2 a 5 cm de diâmetro.

Camada filtrante: Camada com espessura 0,6 a 0,75m. Areia grossa lavada com diâmetro de 0,5mm. Pode ser misturada com 15% de gravilha. Entre a camada filtrante e a camada drenante deve existir uma terceira camada com 0,05m de espessura de brita com 2 a 5mm de diâmetro (Morais, 1962).

Manutenção:

Não devem existir árvores ou outra vegetação sobre as trincheiras de forma a permitir o acesso às tubagens caso seja necessário proceder ao seu desentupimento ou substituição (Tilley , et al., 2008).

Aconselha-se uma vistoria semestral caso não sejam utilizadas câmaras repartidoras, caso contrário as vistorias deverão ser mais frequentes. Nestas vistorias deverá verificar-se que o terreno não apresenta indícios de refluxo de esgoto. Caso isto aconteça as trincheiras afetadas poderão ser desativadas durante 1 a 2 meses através da câmara de repartição de caudal. Estas vistorias também servem para controlar o estado da **fossa séptica (R.5)**, se nas câmaras repartidoras de caudal existir uma grande quantidade de sólidos então será um sinal que a fossa necessita de limpeza (Morais, 1962).

Custo:

O custo deste órgão de filtração está associado ao custo da areia no local e à facilidade com que o solo é escavado.

D.7 - ATERROS FILTRANTES



Figura A.33: Corte transversal de um aterro filtrante.

Os aterros filtrantes são órgãos de tratamento constituídos sobre terreno natural, devem ser utilizados quando o terreno é de difícil escavação ou caso o nível freático seja muito elevado e não permita recorrer a **trincheiras de infiltração (D.4)**.

Tal como o nome indica um aterro filtrante é composto por um aterro de areia dentro do qual o efluente é submetido a uma filtração biológica através do leito de areia grossa interposto entre duas fiadas de tubos dispostos ao longo do aterro. As tubagens encontram-se envolvidas por um material drenante. Analogamente ao que acontece nas **trincheiras de filtração (D.6)** a água residual é introduzida no aterro pela tubagem superior e vai saindo pelas juntas abertas, atravessa o material filtrante e é recolhida pela tubagem inferior que também tem as juntas abertas. A montante dos aterros filtrantes é comum existir uma pequena estação elevatória pois, geralmente a fossa séptica, de onde é proveniente o efluente, está localizada numa cota inferior (Megre, 1982; Megre, 1982).

Dimensões e características (Bartolomeu, 1996):

O dimensionamento deste órgão implica a determinação da sua extensão que, por regra não excede os 38m. O dimensionamento do aterro é independente das características geológicas do terreno e deve ser feito de modo a garantir 2,5m² para capitações de 100 l/hab/dia, ou 2,0 m² para 80 l/hab/dia (Megre, 1982), de fundo de vala por habitante.

Tubagens: Diâmetro não deve ser superior a 100mm. Tubagem de distribuição deve ter um declive de 0,3%.

Camada drenante: As tubagens devem estar envoltas numa camada de material drenante com 20 a 30cm de espessura e 2 a 5 cm de diâmetro, por exemplo brita ou godó.

Camada filtrante: Areia grossa lavada com diâmetro de 10 a 1,5mm (Bartolomeu, 1996). Pode ser misturada com 15% de gravilha.

Manutenção:

Aconselha-se uma vistoria semestral caso não sejam utilizadas câmaras repartidoras, caso contrário as vistorias deverão ser mais frequentes. Nestas vistorias deverá verificar-se que o terreno não apresenta indícios de refluxo de esgoto. Caso isto aconteça as trincheiras afetadas poderão ser desativadas durante 1 a 2 meses através da câmara de repartição de caudal. Estas vistorias também servem para controlar o estado da **fossa séptica (R.5)**, se nas câmaras repartidoras de caudal existir uma grande quantidade de sólidos então será um sinal que a fossa necessita de limpeza (Morais, 1962).

Custo: Para além do custo associado à escavação, o custo estará bastante dependente da disponibilidade de areia grossa para construção do aterro.

Vantagens e Desvantagens:

- + Custo de manutenção baixo.
- + Pode ser usado em terreno impermeável.
- + É compatível com terreno rochoso ou com nível freático elevado
- Pode precisar de sistema de bombagem.
- Necessita de pré-tratamento
- Custo de construção elevado
- Não deve ser usado em contexto urbano
- Dimensionamento e construção necessita de pessoal especializado

D.8 – PLATAFORMA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO¹¹



Figura A.34: Esquemática de uma plataforma de evaporação

A plataforma de evapotranspiração é um órgão complementar de tratamento de águas residuais provenientes de fossas sépticas, o destino final deste efluente é a atmosfera.

A evapotranspiração é facilitada através da utilização de plantas, herbáceas ou arbustivas tais como a (*tabua latifolia*) e o caniço (*phragmites communis*). Estas espécies devem ter uma elevada capacidade de evapotranspiração, e com boa tolerância a águas de média salinidade, com elevado teor em azoto e com boa capacidade de adaptação a solos de pequena espessura.

Uma plataforma de evapotranspiração é essencialmente uma lagoa artificial estanque no seu fundo e delimitada por taludes com inclinação de 1:3, a largura de coroamento deverá ser de 2,50m. A sua geometria e conceção poderão ser variáveis de acordo com as condições locais.

Deve-se garantir a disponibilidade de área que, para além da área de dimensionamento, deverá ser acrescida dos taludes (poderá ser quatro vezes superior).

Dimensões e características:

O fundo da lagoa deve ser plano e a sua impermeabilização deve ser garantida por uma tela de polietileno de alta densidade (PEAD) aplicada sobre um geotêxtil de filamento contínuo e alta porosidade. A tela é protegida por uma camada de areia, sobre a qual é aplicada uma camada de brita com 0,5m de altura. Caso não exista PEAD poderá ser utilizada argila, se este for um recurso abundante na zona de implantação. Sobre esta camada é depositada uma segunda camada de areia. Por fim é adicionada uma camada de terra vegetal na qual se plantam as espécies vegetais.

A distribuição do efluente deve ser feita por um dos lados menores da lagoa. As águas residuais escoam-se no sentido longitudinal da lagoa através da camada drenante; uma parte deste efluente é diretamente evaporado enquanto a outra parte é evapotranspirada devido à absorção das plantas.

A área de dimensionamento das plataformas de evapotranspiração será aproximadamente 1m² por habitante para climas temperados.

Para uma plataforma com forma retangular sugerem-se as seguintes dimensões, dependendo da população a considerar (a x b):

¹¹ Fonte: (Bartolomeu, 1996)

Vantagens e Desvantagens

- + Não necessita de eletricidade para o seu funcionamento
- + Não apresenta odores desagradáveis
- + Necessita de pouca manutenção
- Necessita de uma grande área para a sua implantação

Tabela A.3: Dimensões de plataformas de evapotranspiração dependendo da população

Número de habitantes	Largura (m)	Comprimento (m)
60	5,50	11,0
100	7,00	14,50
200	10,00	20,00
250	11,00	22,50

Manutenção:

A utilização destes órgãos não é aconselhável caso se preveja que o seu funcionamento será intermitente e com grandes períodos de inatividade.

Uma boa impermeabilização é essencial para a proteção dos aquíferos.

A água residual deve ser sempre pré tratada, sem sólidos para evitar o entupimento das tubagens ou dos filtros.

Custos:

São muito variáveis e dependem da constituição do solo, a sua coerência e do solo freático.

D.9 - LEITOS DE MACRÓFITAS

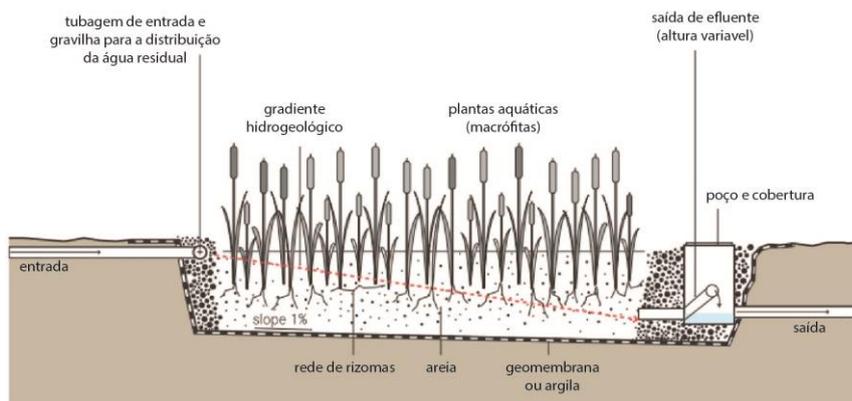


Figura A.35: Esquematização de um leito de macrófitas com fluxo horizontal sub-superficial horizontal. Adaptado de Tilley , et al., 2008.

Os leitos de macrófitas, também são conhecidos como fito ETARs e são construídos de forma a replicar os processos naturais de degradação de matéria orgânica que ocorrem em zonas pantanosas. A sua estrutura básica consiste numa parcela de terreno naturalmente impermeável ou impermeabilizada artificialmente através do uso de geomembranas que são cobertas por material drenante (brita, godo ou gravilha), material filtrante (areia grosseira) e solo natural onde é plantada vegetação apropriada (Matos & Ferreira, 2012).

O tratamento das águas residuais é feito enquanto o líquido percola pelas diferentes camadas do leito e está sujeito a tratamento mecânico, através da filtração, e tratamento biológico assegurado pelos microrganismos existentes no solo. As plantas macrófitas desempenham um papel importante para a eficiência deste tratamento: por um lado, ajudam na evaporação da água através da sua transpiração, as suas raízes garantem a penetração de oxigénio a camadas mais profundas do leito, aumentando assim os processos de depuração aeróbica. Também mantém a estrutura porosa das camadas filtrantes diminuindo a colmatção das mesmas e, conseqüentemente a necessidade de manutenção destes órgãos (Tilley , et al., 2008). O tratamento a que a água residual está sujeita garante um alto nível de remoção dos nutrientes presentes na água, azoto e fósforo que, quando excesso, podem levar à eutrofização das massas de água (Gauss, 2008).

Os principais tipos de leitos de macrófitas diferem na forma como a água atravessa o leito. Existem leitos de macrófitas com escoamento em superfície livre, fluxo horizontal ou fluxo vertical sub-superficial. Estes tipos de leitos têm diferentes níveis de complexidade e de remoção dos poluentes presentes nas águas residuais (Gauss, 2008; Hoffmann, et al., 2011).

Os leitos de macrófitas com escoamento em superfície livre são os mais simples e, dentro dos três tipos, os que apresentam piores resultados no tratamento do afluente. Têm também o inconveniente de que, sem uma manutenção rigorosa poderão criar o ambiente propício para o aparecimento de mosquitos e outros insetos transmissores de doenças. Os leitos com fluxo vertical são os mais complexos, as descargas são intermitentes pelo que necessitam de estações de bombagem para o seu correto funcionamento (Gauss, 2008).

Vantagens e Desvantagens:

- + Custo de manutenção baixo.
- + Boa integração visual
- + Grande redução de matéria orgânica e microrganismos patogénicos.
- + Pode ser usado em terreno impermeável.
- Surgimento de insetos e maus odores
- Necessita de pré-tratamento para diminuir colmatção dos filtros
- Custo de construção moderado
- Não deve ser usado em contexto urbano
- Dimensionamento e construção necessita de pessoal especializado

Dimensões e características

Apresenta-se o método de dimensionamento dos leitos com escoamento horizontal sub-superficial, Este dimensionamento consiste essencialmente na determinação da área que garante o tratamento desejado ao efluente. Segundo (Hoffmann, et al., 2011) uma estimativa para o dimensionamento destes leitos, para climas com temperatura média anual superior a 20°C, que é o caso dos PALOP (Freire, 2012), será de 3m². Para um dimensionamento mais preciso poderão ser considerados os seguintes critérios: o tempo de retenção hidráulica e a concentração de CBO₅ do efluente final (Matos & Ferreira, 2012):

$$A_{min} > Q \cdot TRH \frac{\ln(CBO_a/CBO_e)}{K_t \cdot e \cdot n}$$

Onde,

A_{min} - Área mínima necessária [m²];

Q - Caudal médio [m³/dia];

TRH - Tempo de retenção hidráulica, aconselham-se 2 dias.

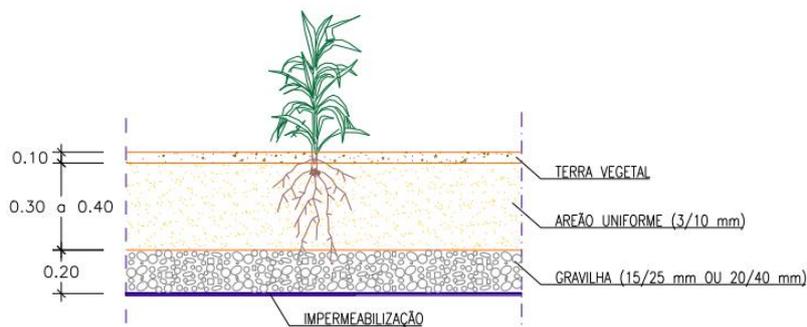
CBO_a - Concentração de CBO₅ no afluente [mg/l];

CBO_e - Concentração de CBO₅ no efluente, dependendo das características do meio recetor deve ser considerado um valor entre 25 e 60 mg/l;

K_t - Característica do material de enchimento, se forem considerados os materiais indicados, deve ser considerado o valor 0,98;

n - Porosidade média do leito, se forem considerados os materiais indicados, deve ser considerado o valor 0,32;

e - Altura média do leito [m]



Base de gravilha: 20 cm de espessura.

Camada de areão grosso: 30 a 40 cm de espessura

Cobertura com terra arável: 10 cm de espessura.

Leitos com escoamento sub-superficial: inclinação I a 5%

Figura A.36: corte transversal da de um leito de macrófitas

Fonte: (Matos & Ferreira, 2012)

Manutenção (Tilley , et al., 2008)

Com o passar do tempo os filtros vão começar a colmatar. Passados 10 a 15 anos poderá ser necessária a substituição do material filtrante. Manter o pré-tratamento do efluente é crucial para garantir uma maior longevidade dos filtros, uma grande quantidade de sólidos acelera o processo de colmatação. Não devem existir árvores nas proximidades destes leitos pois as suas raízes podem danificar as membranas de impermeabilização.

Custo: Em (Brettl, 2013) são propostas as seguintes expressões para o cálculo do custo, em €, de construção e manutenção de leitos com fluxo sub-superficial horizontal, este autor refere que a partir dos 800m² serão necessárias estações de bombagem para a correta repartição do caudal pelos diferentes leitos.

$$\begin{aligned} \text{Custo para a construção do leito para áreas} & \begin{cases} \leq 800 \text{ m}^2 = 51 \times \text{Área} + 1275 \\ > 800 \text{ m}^2 = 72 \times \text{Área} - 6272 \end{cases} \\ \text{Custo para a O\&M do leito para áreas} & \begin{cases} \leq 800 \text{ m}^2 = 4 \times \text{Área} + 54 \\ > 800 \text{ m}^2 = 6 \times \text{Área} + 394 \end{cases} \end{aligned}$$

D.10 - LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO

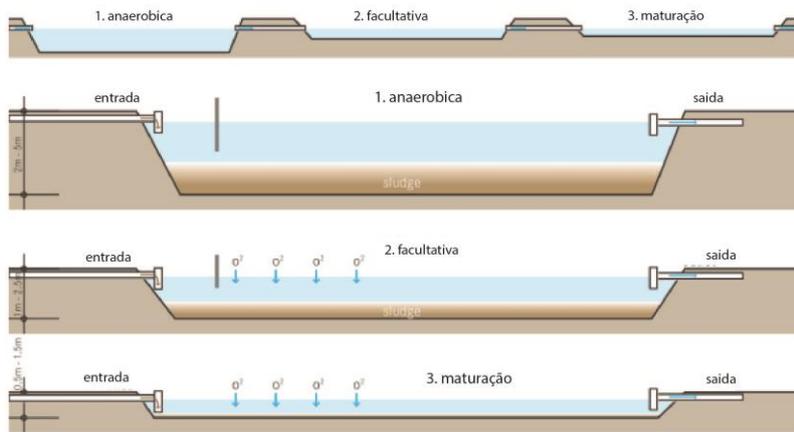


Figura A.37: Esquemática dos diferentes tipos de lagoas de estabilização. Adaptado de Tilley, et al., 2008.

As lagoas de estabilização são uma das técnicas de tratamento de águas residuais mais eficientes e mais utilizadas quando se fala de tratamento descentralizado de águas residuais. As águas residuais são tratadas através de processos biológicos. Estas lagoas são grandes bacias limitadas por diques geralmente construídos com o próprio material do terreno, a sua construção deve ser feita de modo a tirar partido da topografia local, de forma a minimizar os volumes de escavação. Nestas lagoas dá-se a mineralização das águas residuais (Megre, 1982; Bartolomeu, 1996).

Existem três tipos de lagoas, que se diferenciam de acordo com o processo predominante na degradação da matéria orgânica: lagoas anaeróbicas, lagoas facultativas e de maturação¹².

As lagoas podem ser utilizadas individualmente ou ligadas em série de forma atingir um melhor tratamento, podem eliminar grande parte do CBO, sólidos em suspensão e remover grande parte do potencial patogénico das águas. Uma combinação dos três tipos de lagoas garante um tratamento de grande qualidade (Tilley, et al., 2008).

O sistema de lagunagem poderá ser utilizado como tratamento complementar de um órgão de recolha e decantação, como a **fossa séptica (R.5)**, ou constituir o tratamento biológico completo.

As águas residuais são lançadas na **lagoa anaeróbica**, esta é a lagoa com maior profundidade, aproximadamente 3m (Bartolomeu, 1996), e, comparativamente com os outros dois tipos de lagoa, ocupam uma área menor. Esta lagoa pode ser considerada como um pré tratamento onde é reduzida a carga de sólidos em cerca de 60% do CBO. Os sólidos acumulam-se no fundo da lagoa, formando lamas. Estas são digeridas até se tornarem inertes.

Seguidamente o efluente passa para a **lagoa facultativa**. Esta lagoa tem uma profundidade menor, cerca de 1,5m e onde se processa uma grande redução de CBO. Este tipo de lagoas são compostas por três camadas:

¹² Existem ainda as lagoas arejadas mas saem do contexto deste trabalho.

Vantagens e Desvantagens:

- + Não necessita de eletricidade para o seu funcionamento
- + Custo de manutenção baixo.
- + Pode ser usado em terreno impermeável.
- + Fácil ampliação do sistema
- + Alta eficiência de depuração
- Pode precisar de sistema de bombagem.
- Necessita de pré-tratamento
- Requer uma grande área de implementação
- Custo de construção elevado
- Não deve ser usado em contexto urbano
- Dimensionamento e construção necessita de pessoal especializado

uma zona inferior anaeróbia de acumulação de lamas; uma camada intermédia onde predominam as bactérias facultativas e uma camada superior aeróbia, onde a oxigenação é conseguida pela atividade fotossintética de algas (sob influência de radiação solar) e pelo vento, através das trocas gasosas entre a massa líquida e a atmosfera (Bartolomeu, 1996).

A **lagoa de maturação** é onde se dá o último tratamento, esta lagoa é completamente aeróbia, tem a mesma profundidade que a lagoa facultativa. É aqui se dá a grande parte da eliminação de microrganismos patogénios e ainda uma última redução do CBO. A desinfecção dá-se graças à penetração dos raios solares a toda a profundidade da lagoa. Esta última fase de tratamento garante uma grande qualidade do efluente (Bartolomeu, 1996).

Entre cada uma das lagoas existem tubagens que garantem a transferência do caudal para as diferentes fases de tratamento. Deve ainda ser previsto um coletor de recurso para que seja possível interromper o funcionamento das lagoas (Bartolomeu, 1996).

Dimensões e características

As lagoas devem estar a uma distância mínima de 200m de habitações e de forma que os ventos dominantes não as afetem (Matos & Ferreira, 2012).

Impermeabilização das lagoas: O solo utilizado na construção dos diques deve ser bem compactado, em camadas de 15 a 20cm de espessura. Deve-se apontar para uma densidade de solo seco de 90%. A utilização de lagoas de estabilização é preferencial em solos impermeáveis. O interior das lagoas deve apresentar uma permeabilidade inferior a 10^{-7} cm/s. Caso isto não se verifique, o interior das lagoas deve ser revestido por uma camada de geotêxtil e geomembrana. Uma outra opção para garantir a impermeabilização das lagoas será a utilização de uma camada de argila com 50 cm de espessura, no entanto esta poderá não ser viável devido à disponibilidade ou custos de aquisição de argila. Tecnicamente também é uma solução mais difícil de executar pois a sua compactação é mais complicada (Bartolomeu, 1996).

Lagoas anaeróbicas: Profundidade de 2,5 a 5m e tempo de retenção hidráulica de 1 a 7 dias.

Lagoas facultativas: Profundidade entre 1 e 2,5m e tempo de entre os 5 e os 30 dias.

Lagoas de maturação: Pouco profunda entre 0,5 e 1,5m. Não devem ter algas ou outra vegetação pois impede que os raios solares se infiltrem em toda a massa de água.

Manutenção:

As lagoas anaeróbias são passíveis de libertar odores desagradáveis, especialmente na sua fase de arranque, isto poderá ser minimizado se se conseguir garantir a uma altura de água entre 0,2 a 0,6 m. Isto facilita a proliferação de algas e bactérias aeróbias. A inoculação de lama proveniente de uma outra lagoa, já em funcionamento também pode acelerar este processo (Bartolomeu, 1996).

É essencial que haja um pré-tratamento que retire a gordura e os sólidos de maiores dimensões do efluente. O acesso às lagoas deve ser vedado de forma a evitar a entrada de pessoas ou animais. Roedores podem danificar a impermeabilização das lagoas (Tilley, et al., 2008)

Custo:

15 a 100€ a construção e 5 a 50€ para manutenção por ano por família para (Monvois, et al., 2010).

DESTINO FINAL

F.1 – ATERRO

O aterro é a deposição final de material orgânico como lamas e fezes secas ou outro material que não poderá ser reutilizado. Uma vez dispostos estes compostos não serão reutilizados. Este não é o destino preferencial para este tipo de sólidos e só deverá ser considerado quando a reutilização de bio sólidos não é aceite pela comunidade. No entanto é preferível quando comparado com o despejo descontrolado de resíduos fecais (Tilley , et al., 2008). Um longo período de repouso fará com que estes materiais estabilizem e deixem de representar um risco para a saúde pública (Hemkendreis & Güdel, 2008).

Para além de material orgânico poderão ser incluídos outros resíduos sólidos¹³ como materiais de limpeza secos (papel, cascas de milho, folhas, jornais, etc.) ou então materiais utilizados para a higiene menstrual feminina (trapos, lenços ou outro material absorvente). Recomenda-se que o material seja depositado em montes, por forma a otimizar o espaço e funcionamento desta utilização.

Neste caso não existem preocupações sobre a quantidade de nutrientes aplicadas no solo, ou a velocidade a que são depositadas. No entanto, existem riscos de contaminação dos aquíferos e, sempre que possível, a zona de aterro deverá ser impermeabilizada. Preferencialmente este material não deverá ser disposto juntamente com aterros sanitários municipais. Caso contrário estes materiais poderão reduzir o período de vida das instalações municipais. Por outro lado, aconselha-se que o local de aterro seja próximo da zona de tratamento das lamas e outros resíduos por forma a diminuir o custo associado ao seu transporte (Tilley , et al., 2008).

A zona do aterro deverá estar devidamente vedada para reduzir a probabilidade de contaminação da comunidade com matéria fecal. O aterro não deverá localizar-se numa zona inundável, quando este material entra em contato com água é potenciada a criação de maus cheiros e existência de vermes, insetos e outros vetores de doença. Assim também deve ser controlada a formação de poças (Tilley , et al., 2008).

F.2 – DESATIVAÇÃO



Figura A.38: Limoeiro plantado sobre uma Arborloo. Fonte: SUSANA.

A desativação é considerada somente para fossas. Quando existe espaço para a construção sucessiva de fossas poderá proceder-se à desativação daquelas que já se encontram cheias.

Quando a excreta se encontra a cerca de 60cm do topo da fossa esta deverá ser coberta com terra e folhas. Esta cobertura deverá ser feita cuidadosamente de forma a garantir que a matéria fecal se encontra bem isolada.

Uma forma de aproveitar os nutrientes presentes dentro da fossa é plantando uma árvore. Esta ideia é proposta por Peter Morgan em várias das suas publicações. É recomendável que a árvore seja plantada algum tempo depois da desativação da fossa, dando tempo para que a degradação da excreta se inicie. Os nutrientes garantem que a

¹³ O tratamento de resíduos sólidos encontra-se fora do âmbito deste trabalho, recomenda-se a consulta de (Hemkendreis & Güdel, 2008) para mais informação neste tópico.

árvore se desenvolverá rapidamente (Morgan, 2007).

Poderão ser plantadas árvores de fruto ou ornamentais. Esta técnica, conhecida como *Arborloo*, incentiva a reflorestação e poderá fornecer alimento, lenha, ou material ou construção à comunidade. As árvores também são agradáveis esteticamente e poderão fornecer sombra, que é valiosa em climas quentes.

F.3 – REUTILIZAÇÃO

Para informação mais detalhada sobre a reutilização de fezes e urina recomenda-se a consulta das diretrizes da OMS (ver referências). Em (Morgan, 2007) são apresentadas experiências de comparação entre o desenvolvimento de plantas com e sem adição de urina ou aditivos fecais ao solo, são assim visíveis aumentos muito significativos na produtividade destas culturas.

APLICAÇÃO DE URINA NA AGRICULTURA



Figura A.39: Aplicação de urina em campos agrícolas. Fonte: SUSANA.

A urina contém a maior parte dos nutrientes excretados pelos humanos. A sua utilização como fertilizante pode substituir toda, ou uma parte, da necessidade de fertilizantes químicos. Experiências como a da WaterAid em Moçambique demonstram que este tipo de fertilizante é bem aceite pelas comunidades (WaterAid Moçambique, 2001).

O aproveitamento da urina como fertilizante surge como uma oportunidade financeira para as comunidades pois deixa de ser necessária a aquisição de fertilizantes químicos. As famílias poderão usar a urina nos seus terrenos. Outra alternativa será a recolha de urina semi-centralizada sendo posteriormente transportada para os campos agrícolas (Tilley, et al., 2008). A recolha e distribuição de urina é uma oportunidade de negócio por si só.

A urina por si só é um material com potencial patogénico baixo ou inexistente, o maior risco de contaminação advém da sua separação incorreta das fezes. Porém a sua aplicação deverá ser sempre feita tendo as devidas precauções de segurança; como se pode ver na Figura A.39 deverão ser sempre utilizadas luvas e, preferencialmente máscaras por forma a evitar a contaminação através do efeito aerossol ao verter a urina. Na Tabela A.4 apresentam-se as diretrizes sugeridas pela OMS para o tempo de armazenamento da urina por forma a garantir um elevado nível de remoção patogénica. Nos PALOP as temperaturas são, geralmente, superiores a 20°C (Freire, 2012) pelo que, caso os produtos agrícolas sejam destinados a consumo, por exemplo para comércio, deverão ter um armazenamento mínimo de um mês, embora um período de 6 meses garante uma eliminação total do potencial patogénico deste material.

Se o consumo das culturas for feito ao nível familiar então é aceitável o uso direto da urina, sem tempo de armazenamento (WHO, 2006).

Tabela A.4: Diretrizes recomendadas para o tipo de armazenamento de urina (pura ou misturada) baseada na estimativa de conteúdo patogênico. Adaptado de (WHO, 2006).

Temperatura de armazenamento (°C)	Tempo de armazenamento	Patogénios possivelmente presentes na mistura	Culturas recomendadas
4	≥1 mês	Vírus e protozoários	Culturas alimentares e forrageiras que serão processadas
4	≥6 meses	Vírus	Culturas alimentares que serão processadas, culturas forrageiras
20	≥1 mês	Vírus	
20	≥6 meses	Provavelmente nenhum	Todo o tipo de culturas

Para calcular a taxa de aplicação poderá ser considerado que 1m³ de terreno de uma colheita poderá receber a urina diária de uma pessoa (1 a 1,5L). Ou seja, a urina de uma única pessoa será suficiente para fertilizar 300 a 400m² (WHO, 2006; Tilley , et al., 2008). No entanto, devido ao seu pH, a urina não deverá ser aplicada diretamente nas plantas, ao invés poderá ser adicionada ao solo antes das plantas serem plantadas ou ser diluída com água, a proporção depende do tipo de cultura mas será na ordem de 3:1 ou 5:1 (Morgan, 2007). As culturas demonstram maiores benefícios se a urina for adicionada antes da sementeira ou durante o período inicial de crescimento. No entanto, a urina não deverá ser aplicada aos campos com um intervalo de tempo inferior a um mês antes da colheita (WHO, 2006).

As seguintes culturas apresentam aumento de produtividade significativos com a utilização de urina: milho, arroz, sorgo, trigo, acelga, nabo, cenouras, couves, alface, banana, papaia, laranja, espinafre, couve-flor, cebolas, menta, maracujá e tomate (WHO, 2006; Morgan, 2007; Tilley , et al., 2008).

APLICAÇÃO DE COMPOSTO/HÚMUS OU FEZES DESIDRATADAS



Figura A.40: à Esquerda Composto retirado de uma fossa. comprova-se o aspeto tipo húmus. Fonte: (Morgan, 2007). à direita apresentam-se fezes secas dentro da câmara de desidratação. Fonte: SUSANA.

Existem dois tipos de produtos que se podem obter após o tratamento das fezes: composto ou húmus e fezes secas sendo que existem algumas diferenças na sua utilização na agricultura. A capacidade de fertilização das fezes é mais variável do que a da urina dado que depende bastante do tratamento a que foi submetida antes da sua utilização (WHO, 2006).

As fezes têm uma grande concentração de patogénios sendo que o seu tratamento é crucial por forma a que a sua utilização na agricultura seja possível. A quantidade de nutrientes presentes nas fezes é inferior à presente na urina porém a sua composição apresenta maiores concentrações de fósforo e potássio. Estes dois elementos melhoram significativamente a produtividade dos solos agrícolas. Assim a aplicação de compostos fecais, juntamente com urina trará vantagens (WHO, 2006).

A aceitação deste tipo de material inicialmente poderá ser difícil mas atividades de demonstração envolvendo as comunidades poderão demonstrar o aspeto natural e agradável deste material (Morgan, 2007).

Composto/húmus

A eliminação dos patógenos presentes nas fezes é feita através do aumento de temperatura que acontece durante o processo de compostagem mas também devido aos longos períodos de armazenamento da excreta. Uma das características do composto é melhorar a capacidade de retenção de ar e água do solo, tornando-o mais fértil. O composto deverá ser misturado com o solo antes da sementeira ou poderá ser colocado em vasos. Para solos pobres deverão ser misturadas partes iguais de composto e solo. O manuseio deste material deverá ser sempre feito com as devidas precauções de segurança; todos os trabalhadores devem proceder a medidas de proteção e higiene pessoal, a lavagem de mãos é um ponto crucial para evitar a contaminação (WHO, 2006).

Deverá ser sempre garantido um intervalo mínimo de um mês entre a aplicação das fezes e a colheita (WHO, 2006).

APLICAÇÃO DE FEZES SECAS

As fezes secas apresentam um aspeto pulverulento e com uma cor esbranquiçada, semelhante a cinzas. Nas câmaras de desidratação toda a humidade é evaporada ou absorvida pelo material absorvente que é aí adicionado. Este material absorvente, por exemplo cinza ou cal, também aumenta a alcalinidade desta mistura que auxilia na eliminação de material patogénico. Não obstante, este material deve manter-se armazenado durante cerca de dois anos por forma a potenciar uma maior eliminação patogénica.

Comparativamente com o composto, as fezes secas apresentam uma maior quantidade de matéria orgânica, embora esta seja menos estável. São um fertilizante com uma boa composição de fosforo e potássio mas também contribuem com azoto (WHO, 2006).

Uma das preocupações que deverá estar presente aquando da utilização de fezes secas é o facto de existirem alguns microrganismos que se encontram simplesmente num estado *dormente*, se se misturar água com as fezes secas estes microrganismos poderão voltar a estar ativos multiplicando-se. Isto também fará com que as fezes voltem a emanar cheiros ofensivos (Tilley , et al., 2008). Caso as fezes secas se molhem deve ser adicionada cinza ou cal para que a humidade seja reabsorvida. Contudo, recomendam-se medidas de prevenção para manter as fezes secas.

Ao remover as fezes das câmaras de desidratação é necessário ter especial cuidado para evitar que o pó seja espalhado pelo vento ou inalado pelos trabalhadores. Assim, esta tarefa deverá ser sempre feita com as devidas precauções de segurança; todos os trabalhadores devem proceder a medidas de proteção e higiene pessoal, a lavagem de mãos é um ponto crucial para evitar a contaminação.

F.4 – DESCARGA EM MASSAS DE ÁGUA

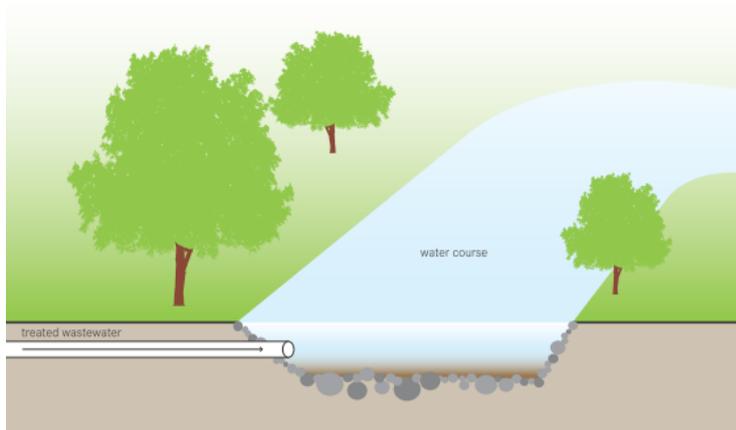


Figura A.41: Esquema do método de descarga de efluente tratado em massas de água. Fonte: Tilley , et al., 2008.

Após o tratamento conveniente do efluente, este poderá ser descarregado em massas de água como rios ou lagos. Esta descarga está largamente dependente da capacidade de assimilação das massas de água, isto é, se o meio recetor é compatível com a quantidade de nutrientes adicionada.

Antes de ser feita alguma descarga devem ser monitorizados parâmetros como: turbidez, sólidos suspensos, CBO, azoto e fósforo. Após esta análise poderá ser

avaliado o possível impacto no curso de água, é necessário certificar que habitats existentes no local não serão afetados ou se atividades praticadas são passíveis de sofrer com as descargas. Se o curso de água for utilizado para lazer das populações ou se estiver relacionado com atividades de subsistência então os níveis de poluição deverão ser mantido ao mínimo.

As autoridades devem ser sempre consultadas para asseverar que as descargas estão de acordo com os limites legais de presença microbiológica (Tilley , et al., 2008).

Massas de água particularmente sensíveis como lagos ou rios pouco agitados requerem cuidados adicionais no tocante à qualidade do efluente descarregado. Estes meios recetores são especialmente vulneráveis à eutrofização pelo que por vezes as descargas não serão possíveis.

F.5 – RECARGA DE AQUÍFEROS



Figura A.42: Aspeto de uma trincheira de infiltração. Fonte: SuSanA

A recarga de aquíferos é feita a partir dos órgãos de infiltração como as trincheiras ou poços de infiltração. As zonas de infiltração devem estar sempre a uma distância higiénica de 30m do ponto de abastecimento mais próximo (Tilley , et al., 2008)

A velocidade de descarga no aquífero deverá ter em conta a sua capacidade de absorção de forma a não saturar o solo. A remoção de vírus e bactérias é feita através da percolação da água pelo solo. Segundo (WHO, 2006) solos ricos em ferro e alumínio apresentam um melhor desempenho na remoção dos microrganismos e fósforo.

A recarga dos aquíferos, através da infiltração do efluente é uma boa solução quando não existem massas de água próximas ou quando estas são muito sensíveis. Outro caso que torna este destino final especialmente adequado será quando os aquíferos estão ameaçados por intrusão salina (Tilley , et al., 2008); o aumento do seu caudal ajuda a evitar a entrada de água salgada no aquífero.

Porém é importante ter a consciência que, se o solo não garantir o correto tratamento do efluente a qualidade do aquífero será posta em causa. Caso haja contaminação dos aquíferos é praticamente impossível fazer a sua despoluição.

F.6 – ATMOSFERA

Este é o destino final das águas quando não se pretende reaproveitar o efluente e não existem condições para infiltração ou descarga do efluente. Assim, o efluente é absorvido pelas espécies vegetais presentes no terreno e evapotranspirado para a atmosfera. Não existe qualquer descarga do efluente.

F.7 – REGA

Após o devido tratamento, as águas provenientes do sistema de saneamento poderão ser reaproveitadas para rega. Desta forma é possível reduzir a dependência de água doce para a rega dos campos agrícolas.

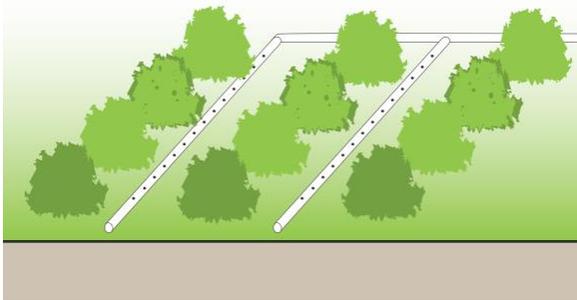


Figura A.43: Esquematização de um sistema de rega gota-a-gota. Fonte: Tilley , et al., 2008.

A rega poderá ser feita através de irrigação gota-a-gota ou através do encaminhamento da água por canais à superfície (Tilley , et al., 2008). A primeira hipótese será a mais recomendável para climas quentes pois diminui as perdas por evaporação, adicionalmente também garante algum nível de redução patogénica¹⁴ (WHO, 2006). A rega por superfície não deverá ser utilizada para culturas comestíveis devido ao elevado risco de contaminação.

A utilização destas águas tem a vantagem de conter em si alguns nutrientes que são benéficos para as culturas.

Nunca deverá ser usado esgoto não tratado para este fim pois poderá comprometer a integridade dos campos. O efluente tratado é especialmente adequado para culturas que terão que ser processadas antes do seu consumo (por exemplo milho), a rega de vegetais que são consumidos crus ou (por exemplo tomates ou alface) deverá ser feita de uma forma mais cuidada. Quando regado com efluente com menor qualidade, o cultivo de árvores não apresenta inconvenientes para a saúde pública pois não serão consumidas.

¹⁴ A OMS recomenda que a água residual tratada e utilizada para irrigação contenha menos que 10 000 coliformes menos que 1 ovo de helminto por litro por litro (Sasse, 1998).