



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Bárbara Rani Borges

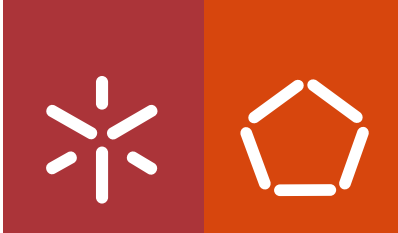
**Análise e avaliação de riscos em sistemas
de gestão de resíduos sólidos urbanos.
Contribuição para a implementação de
um plano de segurança**

Bárbara Rani Borges **Análise e avaliação de riscos em sistemas de gestão de resíduos sólidos urbanos.
Contribuição para a implementação de um plano de segurança**

UMinho | 2017

dezembro de 2017





Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Bárbara Rani Borges

**Análise e avaliação de riscos em sistemas
de gestão de resíduos sólidos urbanos.
Contribuição para a implementação de
um plano de segurança**

Tese de Doutoramento em Gestão e Tratamento de Resíduos

Trabalho efetuado sob a orientação do
Professor Doutor José Manuel Pereira Vieira

dezembro de 2017

DECLARAÇÃO

Nome: Bárbara Rani Borges

Endereço electrónico: raniborges1987@gmail.com Telefone: +55 19 99599-0182

Número do Bilhete de Identidade: 284004529

Título da tese:

Análise e avaliação de riscos em sistemas de resíduos sólidos urbanos. Contribuição para a implementação de um plano de segurança.

Orientador:

Professor Doutor José Manuel Pereira Vieira


Ano de conclusão: 2017

Designação do Doutoramento:

Doutoramento em Gestão e Tratamento de Resíduos

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

Universidade do Minho, 29/12/2017

Assinatura: 

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração da presente tese. Confirmando que em todo o trabalho conducente à sua elaboração não recorri à prática de plágio ou a qualquer forma de falsificação de resultados.

Mais declaro que tomei conhecimento integral do Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

Universidade do Minho, 29 de dezembro de 2017

Nome: Bárbara Rani Borges

Assinatura: 

Dedico este trabalho aos meus pais, meus exemplos de perseverança, que sempre me encorajaram a seguir em frente, mesmo quando eu achava que estava no limite, e me ajudaram a manter o foco todas as vezes que eu quis desistir.

Também dedico a uma pessoa muito especial, Marco, que aceitou viver essa aventura ao meu lado. Sem você tudo seria cinza. Te agradecerei eternamente pela companhia.

Por fim, dedico aos meus amores Igor, Dóris e Brisa.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, ao estimado Professor Doutor José Vieira, por ter me orientado, pela disponibilidade e pertinência das suas críticas e sugestões.

À Universidade do Minho, por me acolher como aluna e possibilitar ótimas condições de aprendizagem e pesquisa.

E, finalmente, à CAPES, que financiou e possibilitou a realização do presente trabalho.

RESUMO

Os sistemas de gestão de resíduos sólidos urbanos são frequentemente identificados como estruturas sanitárias de onde emergem significativos impactos para a saúde pública e para o ambiente. Nas últimas décadas registaram-se grandes progressos na área do projeto, em recomendações construtivas e em metodologias de operação e monitorização dos sistemas com o objetivo de minimizar perigos e eventos perigosos, visando altos níveis de confiança das populações vizinhas.

No entanto, a implementação de medidas para o seu efetivo controlo pressupõe que se dedique uma atenção especial a diversos fatores, nomeadamente, deficiências de ordem técnica, produtos químicos emergentes e microrganismos patogénicos presentes nos resíduos sólidos municipais (domésticos e industriais), bem como o nosso conhecimento científico referente aos seus impactos e persistência no ambiente.

Reconhecendo estas limitações, exige-se uma abordagem mais efetiva para a salvaguarda da saúde pública e para a limitação de impactos ambientais. Recentes experiências e abordagens no controlo de qualidade em sistemas de abastecimento de água para consumo humano (Plano de Segurança da Água) e em sistemas de saneamento (Plano de Segurança de Saneamento) permitem transpor para estas estruturas de gestão de resíduos sólidos um novo conceito de plano de segurança de resíduos sólidos, baseado numa metodologia efetiva de avaliação e gestão de riscos no projeto e operação destas infra-estruturas sanitárias.

O presente trabalho de pesquisa tem como objetivo geral a abordagem inovadora da análise e avaliação de riscos para a saúde pública e para o ambiente associados as etapas de coleta, transporte, triagem, tratamento de deposição final de resíduos sólidos, procurando-se, especificamente, estabelecer um quadro conceptual para o desenvolvimento de um “Plano de Segurança de Resíduos Sólidos”. Esta abordagem pode induzir uma melhoria na gestão e controlo dos riscos que se podem prever durante as etapas adoptadas para o sistema dos resíduos municipais.

No desenvolvimento prático do projeto procurar-se-á incorporar informações recolhidas em duas empresas portuguesas, realizando uma abordagem comparada e complementar às experiências

descritas previamente nos planos de segurança para água de consumo e no plano de segurança de saneamento, publicadas pela Organização Mundial da Saúde.

Palavras-chave: plano de segurança, resíduos sólidos, riscos, saúde pública, ambiente.

ABSTRACT

Municipal solid waste management systems are often identified as sanitary structures with significant impacts on public health and environment. In recent decades, there has been great progress in the project of waste infrastructures, in constructive recommendations and methods of operation and system monitoring in order to minimize hazards and hazardous events, aiming at high levels of confidence of neighbouring populations.

However, implementation of effective control measures requires a special attention to several factors, including technical shortcomings, emerging chemicals and pathogenic microorganisms in municipal solid waste (domestic and industrial) as well as scientific knowledge concerning the impacts and persistence in the environment.

Recognizing these limitations, a more effective approach to safeguarding public health and limiting environmental impacts is required. Recent experiences and approaches for quality control in drinking water supply systems (Water Safety Plan) and sanitation systems (Sanitation Safety Plan) give space to implement a new concept of solid waste safety plan, based on an effective methodology of risk assessment and risk management in the domains of design and operation of these infrastructures for management of solid waste.

The present research aims at describing the innovative approach to the analysis and assessment of risks to public health and the environment associated with the steps of collection, transportation, sorting, treatment and final deposition of solid waste, seeking to specifically establish a conceptual framework for the development of a "Solid Waste Safety Plan". This approach may induce an improvement in the management and control of risks that can be expected during the steps adopted for the municipal waste system.

In the practical development of the project information gathered in two Portuguese companies is incorporated making a comparative and complementary approach to the experiences previously described in the water safety plan and in the sanitation safety plan, both promoted by the World Health Organization.

Keywords: safety plan, solid waste, risks, public health, environment.

Índice Geral

RESUMO.....	ix
ABSTRACT	xi
Índice de Figuras	xvii
Índice de Quadros.....	xxiii
Lista de abreviaturas e siglas	xxv
CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Enquadramento	1
1.2 Problema da investigação e objetivos	5
1.3 Abordagem metodológica da investigação	7
1.4 Estrutura da tese.....	9
PARTE I – Revisão da Literatura.....	13
CAPÍTULO 2. RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS E SUA RELAÇÃO COM A SAÚDE.....	15
2.1 Resíduos e saúde. Breve resumo histórico	15
2.2 Produção de resíduos sólidos urbanos	21
2.3 Recolha, tratamento e deposição final em aterro sanitário	26
2.4 Doenças transmitidas pelos resíduos sólidos	32
2.4.1 Doenças transmitidas por vetores	34
2.4.2 Doenças transmitidas pelo lixiviado	39
2.4.3 Doenças transmitidas pelo ar	43
2.4.4 Doenças transmitidas pelo solo	44
2.5 Controlo da qualidade do serviço em resíduos sólidos.....	47
CAPÍTULO 3. RISCO. ASPECTOS CONCEPTUAIS.....	51
3.1 Definição do risco.....	51
3.2 Tipos do risco em ambiente empresarial	53
3.3 Riscos para o ambiente	55
3.4 Riscos para saúde pública	57

CAPÍTULO 4. GESTÃO DO RISCO	61
4.1 Actividades preparatórias	63
4.2 Descrição do sistema infraestrutura	64
4.3 Identificação dos perigos e eventos perigosos.....	66
4.4 Análise e avaliação do risco	71
4.4.1 Métodos qualitativos	73
4.4.2 Métodos semiquantitativos	75
4.4.3 Métodos quantitativos	77
4.4.4 Tolerância ao risco e tomada de decisões.....	79
4.5 Monitorização operacional.....	84
4.6 Gestão e comunicação	86
CAPÍTULO 5. GESTÃO DO RISCO EM SISTEMAS DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS.....	89
5.1 Perigos associados à recolha	93
5.2 Perigos associados ao transporte	95
5.3 Perigos associados ao armazenamento e triagem.....	96
5.4 Perigos associados ao tratamento	97
5.4.1 Compostagem.....	98
5.4.2 Reciclagem	99
5.4.3 Incineração	100
5.5 Perigos associados a deposição final de RSU em aterro sanitário.....	101
5.6 Perigos associados a deposição final em lixeira	102
5.7 Base de dados dos perigos relacionados aos sistemas de gestão de RSU	104
PARTE II – Trabalho Desenvolvido.....	109
CAPÍTULO 6. METODOLOGIA	111
6.1 Estado da arte	112
6.2 Desenvolvimento do PSRS	113
6.3 Estudo de caso	114
CAPÍTULO 7. PLANO DE SEGURANÇA.....	117

7.1 Conceito de Plano de Segurança	117
7.2 Planos de Segurança promovidos pela OMS.....	118
7.2.1 PSA: Plano de Segurança da Água	119
7.2.2 PSS: Plano de Segurança de Saneamento	121
7.3 Plano de Segurança de Resíduos Sólidos	123
CAPÍTULO 8. ESTRUTURAÇÃO DE UM PLANO DE SEGURANÇA DE RESÍDUOS SÓLIDOS	125
Módulo 1 Actividades Preparatórias	128
Módulo 1.1 Determinar as áreas prioritárias ou actividades.....	128
Módulo 1.2 Definir objetivos do sistema	130
Módulo 1.3 Constituir a equipa.....	130
Módulo 2 Descrição do Sistema	132
Módulo 2.1 Mapear o sistema	132
Módulo 2.2 Caracterizar as frações dos resíduos	134
Módulo 2.3 Identificar potenciais grupos expostos.....	135
Módulo 2.4 Compilar informação de contexto e de conformidade.....	136
Módulo 2.5 Validar a descrição do sistema.....	137
Módulo 3 Identificação dos Perigos e Eventos Perigosos	137
Módulo 3.1 Identificar os perigos e eventos perigosos	138
Módulo 3.2 Identificar grupos expostos e vias de exposição	139
Módulo 3.3 Identificar e avaliar as medidas de controlo existentes	141
Módulo 3.4 Avaliar e priorizar o risco de exposição	143
Módulo 4 Análise e Avaliação do Risco.....	146
Módulo 4.1 Controlo dos riscos identificados e desenvolvimento de um plano de melhoria	146
Módulo 4.2 Implementar o plano de melhoria.....	148
Módulo 5 Monitorização Operacional	148
Módulo 5.1 Definir e implementar a monitorização operacional.....	149
Módulo 5.2 Verificar o desempenho do sistema	151
Módulo 5.3 Auditar o sistema.....	151
Módulo 6 Gestão e Comunicação	152

Módulo 6.1 Identificar e implementar programas de suporte e procedimentos de gestão	152
Módulo 6.2 Rever e atualizar periodicamente o PSRS	153
CAPÍTULO 9. ESTUDO DE CASO	155
9.1 Braval	157
9.2 Lipor	157
9.3 Plano de segurança proposto	158
9.3.1 Actividades preparatórias	159
9.3.2 Descrição do sistema	160
9.3.3 Identificação dos perigos e eventos perigosos	163
9.3.4 Análise e avaliação do risco	168
9.3.5 Monitorização operacional	169
9.3.6 Gestão e comunicação	170
CAPÍTULO 10. CONSIDERAÇÕES FINAIS	173
10.1 Conclusões	173
10.2 Sugestões para trabalhos futuros	174
REFERÊNCIAS	177

Índice de Figuras

Figura 1 - A Hierarquia da Gestão de Resíduos.....	4
Figura 2 - Despejo de lixo no mar no porto de Nova York, Estados Unidos, em 1880	17
Figura 3 - Cidade no Reino Unido, em 1971.....	17
Figura 4 - Despejo de lixo no mar de Toronto, Canadá, em 1922.....	17
Figura 5 - Lixo acumulado nos canais de Amsterdam, Holanda, no início do século XX	17
Figura 6 - Lixeira em funcionamento	18
Figura 7 - Aumento da população mundial em milhões ao decorrer dos anos	18
Figura 8 - Aumento da geração de resíduos mundialmente em milhões de toneladas.....	18
Figura 9 - Geração de resíduos no mundo	22
Figura 10 - Índices de geração de RSU nos anos de 2005 e 2015 nos países da Europa em toneladas	24
Figura 11 - Classificação dos resíduos sólidos	28
Figura 12 - Tratamentos mais importantes para resíduos sólidos urbanos	29
Figura 13 - Esquema explicativo do processo de compostagem	30
Figura 14 - Gestão de resíduos sólidos na Europa	31
Figura 15 - Migração do lixiviado para águas subterrâneas e contaminação até os humanos....	40
Figura 16 - Rotas de contaminação do ambiente no caso de sistemas de RSU com deposição final em AS.....	57
Figura 17 - Os 20 principais fatores de risco para saúde pública	57
Figura 18 - Esquema diagramático de emissões de um sistema de RSU, vias de exposição e fatores de suscetibilidade do homem	59
Figura 19 - Etapas da gestão dos riscos	62
Figura 20 - Exemplo de mapeamento do fluxo de resíduos, Portugal.....	65
Figura 21 - Estrutura do diagrama causa-efeito.....	69
Figura 22 - Exemplo da estrutura de um diagrama de influência.....	70
Figura 23 - Exemplo de matriz de riscos 3x3	74
Figura 24 - Exemplo de Matriz de Riscos Semiquantitativa.....	77
Figura 25 - Caracterização de riscos	81
Figura 26 - Tolerância ao risco.....	82
Figura 27 - Estrutura para tomada de decisões	83

Figura 28 - Exemplo da estrutura de um Diagrama de Pareto	86
Figura 29 - Enquadramento funcional de um PSRS	91
Figura 30 - Diagrama de fluxo de um sistema de RSU com referência de exposição da população	92
Figura 31 - Rotas de exposição com influência directa na saúde humana	93
Figura 32 - Perigos para os coletores de resíduos.....	94
Figura 33 - Sistemas de triagem no Brasil e na Inglaterra.....	97
Figura 34 - Vias de exposição dos poluentes originados no processo de compostagem pelos trabalhadores	98
Figura 35 - Resíduos de embalagem enfardados no galpão da Resinorte (Portugal).....	99
Figura 36 - Etapas metodológicas da investigação	111
Figura 37 - Metodologia para elaboração e desenvolvimento do plano de segurança de resíduos sólidos.....	113
Figura 38 - Metodologia para realização do estudo de caso	114
Figura 39 - Diagrama de fluxo de sistemas de abastecimento de água.....	121
Figura 40 - Diagrama de fluxo de sistemas de saneamento	122
Figura 41 - Diagrama de fluxo de um sistema de RSU	123
Figura 42 - Módulos do PSRS.....	126
Figura 43 - Análise das partes interessadas.....	131
Figura 44 - Diagrama de fluxo de um sistema de RSU	133
Figura 45 - Classificação dos resíduos sólidos quanto à sua origem.....	134
Figura 46 - Classificação química dos resíduos sólidos urbanos.....	135
Figura 47 - Diagrama de fluxo de um sistema de RSU com referência de exposição da população	136
Figura 48 - Tipos de perigos oferecidos por sistemas de RSU e exemplos	139
Figura 49 - Questões importantes para ajudar a identificar os grupos expostos e as vias de exposição	140
Figura 50 - Principais emissões provenientes dos resíduos sólidos, as vias de exposição e de transmissão.....	141
Figura 51 - Exemplo de Matriz de Riscos Semiquantitativa.....	145
Figura 52 - Riscos para a saúde associados com o sistema de gestão de RSU.....	146
Figura 53 - Estrutura para tomada de decisões	147

Figura 54 - Pontos de monitorização	150
Figura 55 - Metodologia do estudo de caso	155
Figura 56 - Mapa com localização das áreas geográficas cobertas pela Braval e Lipor.....	156
Figura 57 - Diagrama de fluxo dos sistemas de RSU das empresas Braval e Lipor	161

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Composição dos resíduos produzidos em países com diferentes rendas	25
Tabela 2 - Principais contaminantes do solo e seus respectivos limites de concentração.....	56
Tabela 3 - Principais contaminantes do ar e seus respectivos limites de concentração.....	56
Tabela 4 - Concentrações máximas de contaminantes em sistemas de distribuição de água para consumo humano.....	58
Tabela 5 - Probabilidade de Ocorrência (exemplo de escala, adaptado de WHO 2004)	144
Tabela 6 - Severidade de Consequências (exemplo de escala, adaptado de WHO 2004)	144
Tabela 7 - Aspectos gerais do sistema de resíduos da região de Baixo Cávado	157
Tabela 8 - Aspectos gerais do sistema de resíduos da área metropolitana do Porto.....	158

Índice de Quadros

Quadro 1 - Cronologia da gestão de resíduos sólidos	19
Quadro 2 - Classes de população exposta a perigos e eventos perigosos causados por RSU	33
Quadro 3 - Doenças causadas pelos resíduos e seus respectivos vetores e agentes infetantes ...	35
Quadro 4 - Metais pesados mais recorrentes em lixiviados	41
Quadro 5 - Principais conceitos envolvidos no processo de análise e avaliação do risco	52
Quadro 6 - Probabilidade de Ocorrência (exemplo de escala, adaptado de WHO 2004).....	76
Quadro 7 - Severidade de Consequências (exemplo de escala, adaptado de WHO 2004)	76
Quadro 8 - Classes de população exposta a perigos e eventos perigosos	92
Quadro 9 - Rotas de exposição da população a resíduos em AS.....	101
Quadro 10 - Principais impactos ambientais da deposição de RSU em AS	102
Quadro 11 - Conceitos utilizados no processo de identificação de perigos e eventos perigosos	104
Quadro 12 - Perigos e eventos perigosos relacionados com a recolha e transporte de RSU	105
Quadro 13 - Perigos e eventos perigosos relacionados com o armazenamento e triagem de RSU	105
Quadro 14 - Perigos e eventos perigosos relacionados com a compostagem de RSU	106
Quadro 15 - Perigos e eventos perigosos relacionados com a reciclagem de RSU	106
Quadro 16 - Perigos e eventos perigosos relacionados com a incineração de RSU	107
Quadro 17 - Perigos e eventos perigosos relacionados com a deposição final de RSU em lixeira	107
Quadro 18 - Perigos e eventos perigosos relacionados com a deposição final de RSU em aterro sanitário	108
Quadro 19 - Semelhanças e diferenças entre PSRS e PSA.....	127
Quadro 20 - Semelhanças e diferenças entre PSRS e PSS.....	127
Quadro 21 - Classes de população exposta a perigos e eventos perigosos	135
Quadro 23 - Tipos e exemplos de medidas de controlo de risco.....	142
Quadro 24 - Equipa do PSRS	160
Quadro 25 - Perigos identificados e medidas de controlo aplicadas nas etapas de recolha e transporte.....	164
Quadro 26 - Perigos identificados e medidas de controlo aplicadas nas etapas de armazenamento e triagem	165

Quadro 27 - Subgrupos expostos dos Trabalhadores e as vias de exposição aos perigos	166
Quadro 28 - Subgrupos expostos dos Agricultores e as vias de exposição aos perigos	166
Quadro 29 - Subgrupos expostos da Comunidade Local e as vias de exposição aos perigos ...	166
Quadro 30 - Subgrupos expostos dos Consumidores e as vias de exposição aos perigos.....	166
Quadro 31 - Identificação dos perigos e frequência de exposição nos sistemas Braval e Lipor	167
Quadro 32 - Plano de melhoria proposto para o PSRS da Braval e da Lipor	168

Lista de abreviaturas e siglas

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
a.C. - antes de Cristo
ADN - Ácido desoxirribonucleico
AIS - Avaliações de Impacto na Saúde
ANR - Autoridade Nacional de Resíduos
APA - Agência Portuguesa de Ambiente
AS - Aterro Sanitário
ASTC - Association Of Science-Technology Centers
BIA - Análise do Impacto no Negócio
CBO - Carência Bioquímica de Oxigênio
CCME - Conselho Canadense de Ministros para a Proteção do Meio Ambiente
CEBQ/IST - Centro de Engenharia Biológica e Química/Instituto Superior Técnico
COV - Compostos Orgânicos Voláteis
DQO - Demanda Química de Oxigênio
& - e
EA - *Environment Agency*
EcoD - Instituto EcoDesenvolvimento
E-GAR - Desmaterialização das Guias de Acompanhamento de Resíduos
EGSRA - Associação de Empresas Gestoras de Sistemas de Resíduos
EPA - Environmental Protection Agency (USA)
EPI - Equipamento de Proteção Individual
ERSAR - Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos
et al. - e outros
ETHOS - Instituto ETHOS de Empresas e Responsabilidade Social
FMEA - Análise de Modo e Efeito de Falha
GBD - Global Burden of Disease
GBQ - Gás Bioquímico
GEE - Gases causadores do Efeito Estufa
hab – Habitantes

HACCP - Análise de perigos e Pontos Críticos de Controlo
HAZOP - Perigo e Operabilidade
HIV - Vírus da imunodeficiência humana
HPA - Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos
HRA - Avaliação da Fiabilidade Humana
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INE - Instituto Nacional de Estatística
IRM - Instituto de gestão do Risco
ISO - Organização Internacional de Normalização
ISWA - Associação Internacional de Resíduos Sólidos
IWMP - Integrated Waste Management Plan
LER - Lista Europeia de Resíduos
MIRR - Mapa Integrado de Registo de Resíduos
MP - Material Particulado
MRRU - Mapa Registo de Resíduos Urbanos
MS - Ministério da Saúde
MSC - Simulação de Monte Carlo
MTR-LL - Desmaterialização dos movimentos das notificações MTR “lista laranja”
MTR-LV - Desmaterialização dos Anexos VII de Movimentos Transfronteiriços de Resíduos “lista verde”
NBR - Norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas
OECD - Organisation for Economic Co-operation and Development
OMS - Organização Mundial da Saúde
ONU - Organização das Nações Unidas
PCB - Bifenilos Policlorados
PCC - Pontos Críticos de Controlo
PCDD - Dibenzo-p-dioxinas
PCDF – Dibenzofuranos
PERSU - Plano Estratégico para os Resíduos Urbanos
PO - Procedimentos Operacionais
PSA - Plano de Segurança da Água
PSS - Plano de Segurança de Saneamento

PSRS - Plano de Segurança de Resíduos Sólidos
REEE - Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos
RSU - Resíduos Sólidos Urbanos
SILOGR - Sistema de Informação de Operadores de Gestão de Resíduos
SIRER - Sistema Integrado de Registo Eletrónico de Resíduos
TA - Tempo de amostra
Ton – Toneladas
UE - União Europeia
vs – versus
WHO - World Health Organisation
XOC - Compostos Orgânicos Xenobióticos

CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento

Segundo definição da Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), resíduos sólidos urbanos (RSU) são os resíduos coletados e tratados por ou para os municípios. Abrange resíduos domésticos, resíduos semelhantes de comércio e indústrias, edifícios de escritórios, instituições e empresas de pequeno porte, quintal e resíduos de jardim, lixo da rua, conteúdo de contentores de lixo e resíduos provenientes da limpeza de mercados. A definição da lei brasileira 12.305/2010 regulamentada pelo Decreto 7.404/2010, vai mais além e define resíduos sólidos como sendo todo e qualquer material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível.

Todas as atividades humanas geram algum tipo de resíduo sólido (Marques 2005). Atualmente, cada pessoa produz uma média de 1,2 kg de resíduos por dia, o que gera 1,4 bilhões de toneladas de RSU por ano em todo o mundo. Desse total mais de 2,5 milhões de toneladas são produzidas na União Europeia (European Commission 2015; Eurostat 2012). Segundo Hoornweg & Bhada-Tata (2012), apesar dos valores já serem absurdamente altos, a estimativa é de que o valor continue aumentando e no ano 2025 o mundo alcance a marca de 2,2 bilhões de toneladas por ano. Mas uma questão que deve ser refletida é: para onde vai todo esse resíduo e quais são as suas consequências?

Os países desenvolvidos possuem tecnologia e, portanto, os resíduos são, em sua grande parte, tratados e depositados de acordo as normas estabelecidas pelos órgãos locais de proteção ambiental e de saúde. A realidade, porém, é bem diferente em países em desenvolvimento, onde os resíduos são tratados com descaso e o destino dado é frequentemente inadequado, de modo que os resíduos são responsáveis por inúmeros impactos à saúde e ao ambiente (Koop & Leeuwen 2017).

Os impactos provocados pelos resíduos são diversos e dependem de uma série de fatores como, por exemplo, a sua composição física e química, origem e degradabilidade e outros fatores relacionados ao local de produção e deposição final, como o número de habitantes, hábitos locais, nível educacional, condições geológicas e climáticas, entre outros (Butt et al. 2014; Edjabou et al. 2015; Bisinella et al. 2017). A depender desses fatores os resíduos podem ser mais ou menos poluentes.

O poder de poluição é intensificado em locais onde a gestão é deficiente ou até mesmo inexistente. Segundo a Associação Internacional de Resíduos Sólidos (ISWA) países da África, Sudeste Asiático e América Latina estão mais propensos a sofrerem impactos relacionados aos resíduos. Isso se deve ao fato de nesses locais os resíduos serem depositados em locais inapropriados sem preparo do solo, as chamadas lixeiras, ou por serem acumulados em locais nos centros urbanos por falta de recolha. Dessa forma, a população é frequentemente acometida por doenças associadas aos resíduos (Siqueira & Moraes 2009).

Os resíduos depositados em locais inadequados podem afetar a água, o solo e o ar. O processo de degradação de resíduos gera uma série de substâncias tóxicas, uma delas é o lixiviado, que possui grande potencial causador de poluição (ABNT 1992). O lixiviado pode poluir o solo e águas superficiais e subterrâneas alterando as características desses ambientes, ameaçando os ecossistemas locais e tornando esses ambientes favoráveis ao desenvolvimento de agentes patogênicos (Cossu 2013). Além da formação do lixiviado, com a degradação de resíduos forma-se o biogás que pode provocar doenças respiratórias, risco de explosão e contribui para o efeito estufa (Forastiere et al. 2011).

Mesmo em países onde a gestão de resíduos está bem estabelecida, existem algumas situações adversas durante e após a sua execução. Pode-se afirmar que hoje, nenhum sistema de resíduos sólidos é completamente seguro, pois por menor que seja o impacto causado por estes sistemas, eles existem e precisam ser controlados ou evitados (Forastiere et al. 2011; Proag & Proag 2014). Nesses sistemas mais desenvolvidos, os principais eventos perigosos são verificados em decorrência de falhas estruturais ou medidas de controle ineficientes.

Nas últimas décadas intensificaram-se os debates e discussões referentes a questões de saúde pública e ambiental, já que a relação entre resíduos sólidos, saúde e ambiente é indiscutível e torna-se fundamental procurar soluções para este problema. Assim, foram desenvolvidas

tecnologias para gestão de resíduos sólidos com a finalidade de tratar e proceder ao descarte com menores impactos negativos à saúde e ao ambiente (APA 2014). Dentre as tecnologias, as principais são: reciclagem, compostagem, incineração com recuperação de energia e deposição final em aterros sanitários.

Por se tratar de um processo com impactos diretos na sociedade, a gestão de resíduos faz parte das necessidades básicas da população e, portanto, deve ser incluída nas políticas de saúde pública. A regulação das atividades referentes a gestão de resíduos é compromisso do sistema público e envolve ações normativas, operacionais, financeiras e de planeamento, baseados em políticas sanitárias, ambientais e econômicas. As atividades incluem as etapas de recolha, transporte, armazenamento, triagem, tratamento e deposição final dos resíduos sólidos. (Schalch et al. 2002). A fiscalização desses serviços é de competência de órgãos ambientais e de agências estabelecidas para proteção da saúde com o objetivo de alcançar benefícios ambientais, otimização econômica e aceitabilidade social (APA 2011; LISBOA 2006).

Na União Europeia (UE) o processo de gestão de resíduos passa a ser lei através das políticas de proteção do ambiente e dos recursos naturais, onde metas foram estabelecidas em torno da problemática dos RSU. Tais leis determinam o cumprimento ordem de preferência de gestão de resíduos, também conhecida como a escada de Lansink, a qual foi estabelecida no Dutch Environmental Management Act (VROM 2001) e posteriormente em toda a Europa, como a hierarquia de resíduos na Directiva-Quadro de Resíduos (2008). A hierarquia dos resíduos sólidos, é popularmente conhecida como lei dos “três Rs”: reduzir, reutilizar, reciclar. Hoje, a ideia dos três Rs ampliou e adotou um quarto elemento: Recuperação (energética), o qual corresponde a geração de energia a partir dos resíduos sólidos. Sendo assim, o setor de gestão de resíduos segue a chamada "hierarquia de gestão de resíduos" que tem o objetivo claro de levar a deposição final apenas o que não pode ter outro fim (Hoornweg & Bhada-Tata, 2012), e tratar o máximo de resíduos gerados pela população. Este método, conseqüentemente, evitará possíveis impactos dos subprodutos da degradação de resíduos, já que através da redução, eliminação ou estabilização da fração orgânica putrescível dos resíduos ocorrerá menores emissões de gases e produção de lixiviado (Cossu 2013). Ver Figura 1.

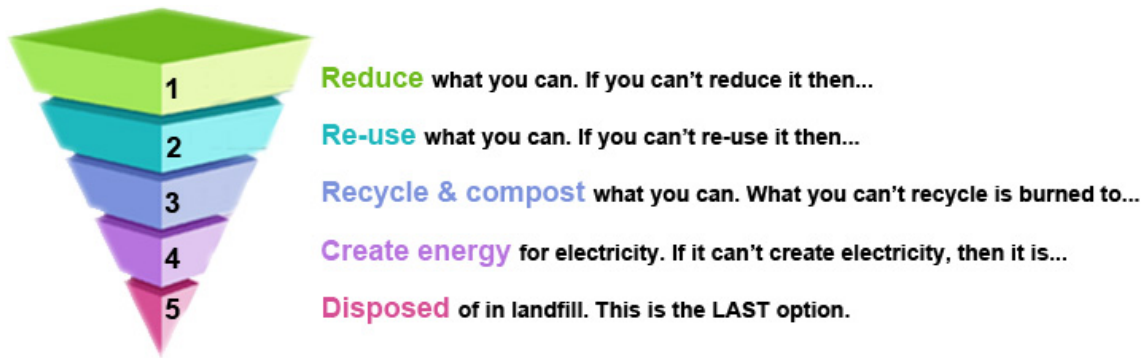


Figura 1 - A Hierarquia da Gestão de Resíduos

Fonte: IWMP 2008

Geralmente, o controlo do desempenho de gestão de sistemas de resíduos sólidos resume-se a monitorização de aterros sanitários e fundamenta-se na detecção de microrganismos patogénicos e de produtos químicos em concentrações tóxicas através de programas de monitorização e posterior comparação com recomendações e padrões estabelecidos a nível nacional e internacional assentes principalmente em microrganismos indicadores e em níveis máximos de concentração. Contudo, esta metodologia é geralmente lenta, complexa e dispendiosa. Tem-se verificado que, mesmo em sistemas sofisticados e com elevados níveis de qualidade operativa, estes sistemas de monitorização são ineficientes na prevenção de doenças e de impactos ambientais negativos.

Esta dificuldade justifica a formulação de uma nova abordagem ao controlo de todo o sistema de resíduos baseada na compreensão da vulnerabilidade dos sistemas à contaminação e nas medidas preventivas e ações que são necessárias para garantir a segurança destas infraestruturas sanitárias. Por todas estas razões, justifica-se o desenvolvimento de um novo conceito de “Plano de Segurança de Resíduos Sólidos” (PSRS) para a avaliação e gestão de riscos considerados ao longo das etapas de recolha, transporte, triagem, tratamento e deposição final. Esta abordagem inclui a identificação e a priorização de riscos e a introdução de pontos de controlo e de medidas de controlo consideradas fundamentais para a eliminação ou mitigação desses riscos.

Pela elevada importância social, económica e ambiental que esses sistemas assumem como infraestrutura sanitária, o trabalho desenvolvido pode assumir grande relevância no

estabelecimento de orientações práticas para o planejamento e operação de todas as etapas estudadas baseadas nos resultados obtidos.

1.2 Problema da investigação e objetivos

Os riscos que giram em torno dos sistemas de gestão de resíduos são diversos e provocam prejuízos de ordem financeira, na saúde pública e no ambiente. Por esta razão uma série de estudos com a temática dos resíduos sólidos são realizados todos os anos, procurando-se principalmente relacionar as vias de exposição aos possíveis eventos perigosos, como por exemplo doenças causadas por conta da poluição da água pelo contacto com subprodutos da degradação dos resíduos.

Em 2013, Cossu realizou uma investigação sobre a contaminação de águas subterrâneas por lixiviados de aterros sanitários. O autor ressalta que apesar do aterro ser considerado uma técnica relativamente simples e barata para a eliminação de resíduos, ela possui uma série de desvantagens, principalmente relacionadas a emissão de substâncias tóxicas provindas de lixiviados, como por exemplo a amônia. Infelizmente, a vida útil das barreiras utilizadas para o controlo de emissões que evitam a difusão do lixiviado é menor do que a duração do poder poluidor das substâncias geradas no processo de degradação de resíduos, provando que a eficiência das medidas de controlo é menor que a duração dos impactos.

Muitos outros estudos destacam a falta de uma ferramenta para controlar os riscos dos sistemas de resíduos de maneira mais eficiente. Um estudo de grande relevância para o meio científico (Forastiere et al. 2011) compilou uma série de efeitos negativos para saúde ocasionados pela gestão de resíduos, desde a sua geração até o tratamento ou deposição final, tendo em conta a realidade de três países da Europa: Itália, Eslováquia e Inglaterra. Esse projeto demonstrou que apesar dos avanços das ações políticas na Europa com relação as metas e diretrizes dos sistemas de resíduos, os impactos na saúde ainda são provocados por esses sistemas e por esta razão, novas medidas devem ser tomadas juntamente com a introdução de novas ferramentas para evitar esses impactos.

Em 2009 (Manfredi et al.), alguns pesquisadores dedicaram-se a estipular a quantidade relativa a emissão de gases causadores do efeito estufa pelos resíduos, mais especificamente em

aterros sanitários. Esse trabalho científico teve grande importância no sentido de desvendar o quanto as emissões de gases de aterro contribuem para a poluição ambiental.

Enquanto isso, uma palestra da II Conferência Internacional de Gestão de Resíduos Sustentáveis na África (Vieira, 2014) recomendou pontualmente o desenvolvimento de um plano de segurança de aterro para um propósito semelhante ao do plano de segurança da água, que visa evitar ou controlar os perigos oferecidos por esses sistemas. Contudo, até a presente data, não foram publicados trabalhos aprofundando-se no tema relacionado aos resíduos, sendo este apenas parcialmente abordado por um artigo publicado durante a III Conferência Internacional “Wastes: Solutions, Treatments, Opportunities” (Rani-Borges & Vieira 2015).

O presente trabalho de pesquisa desempenha uma abordagem inovadora da análise e avaliação de riscos para a saúde pública e para o ambiente associados a todas as etapas que integram os sistemas de resíduos sólidos. O problema de investigação que orientou o presente estudo focou-se elaboração e aplicação de um PSRS. Dessa forma, o estudo aqui apresentado tem a finalidade de preencher a lacuna de informações que existe acerca do tema. E procurou-se responder às seguintes questões de investigação:

- Qual a relação entre resíduos sólidos, saúde pública e ambiente?
- Quais são os perigos e eventos perigosos oferecidos pelos sistemas de RSU?
- Quais os benefícios de um plano de segurança?
- Quais os passos para se suceder ao desenvolvimento de um plano de segurança específico para gestão de resíduos?

Sendo assim, esta investigação procura explorar os sistemas de gestão de RSU no âmbito dos perigos e eventos perigosos oferecidos à saúde pública e ao ambiente. Tendo como propósito final contribuir para a elaboração de um PSRS. Para cumprir com a proposta do trabalho, foram definidos os seguintes objetivos para a tese:

- Realizar um levantamento bibliográfico aprofundado em periódicos e em outras fontes de informações fidedignas, como livros, relatórios técnicos e governamentais;

- Estruturação conceptual de um PSRS com o estabelecimento de uma abordagem sistematizada para a caracterização das infraestruturas sanitárias nas suas várias componentes técnicas, ambientais e de saúde pública;

- Desenvolvimento metodológico para a avaliação do sistema e para a monitorização operacional através da identificação de perigos e eventos perigosos, caracterização de riscos, identificação e avaliação de medidas de controlo, bem como no estabelecimento de procedimentos de monitorização e ações corretivas;

- Elaboração de documentos e protocolos de comunicação visando divulgar de forma ampla e clara os registos e resultados gerados pelo estudo de criação do PSRS.

- Desenvolvimento de ferramentas para uma melhor gestão de RSU, considerando objetivos de segurança em saúde pública e de proteção ambiental.

1.3 Abordagem metodológica da investigação

O projeto foi desenvolvido de acordo com uma adaptação da estrutura metodológica proposta pela Organização Mundial da Saúde para a implementação de Plano de Segurança da Água (PSA) e Plano de Segurança de Saneamento (PSS) incorporando-se as experiências vividas por duas empresas portuguesas.

As etapas de desenvolvimento do projeto compreenderam, de forma interativa e progressiva as seguintes tarefas:

- O levantamento bibliográfico foi realizado com os principais autores e suas respectivas bibliografias sobre o tema;

- Documentação e descrição das etapas dos sistemas de gestão de RSU;
- Construção de um diagrama de fluxo, com a indicação dos pontos críticos de análise;
- Estruturação de uma metodologia de avaliação de risco, a partir da identificação e priorização de perigos relacionados com a coleta, transporte e deposição final de resíduos em aterro;
- Identificação de pontos críticos de controlo e determinação de medidas de controlo;
- Estabelecimento de limites operacionais, programas e parâmetros de monitorização das medidas de controlo;
- Preparação de procedimentos gerenciais (incluindo ações corretivas) para condições de rotina e excepcionais;
- Definição de procedimentos de documentação do sistema e do plano de segurança.

Para o ensaio e teste de suporte metodológico foi realizado um estudo de caso, no norte de Portugal, nas duas empresas Lipor e Braval. O estudo de caso consistiu em duas abordagens: a realização de entrevistas semiestruturadas com a equipe técnica responsável e a análise de relatórios internos sobre eventos perigosos registrados nas empresas escolhidas. As questões focaram-se nos perigos, eventos perigosos e as medidas de controlo utilizadas durante as etapas de recolha, transporte, armazenamento e triagem em dois sistemas de resíduos sólidos no norte de Portugal.

1.4 Estrutura da tese

A presente tese de doutoramento encontra-se estruturada em duas partes principais, nomeadamente Parte I - Revisão da Literatura e Parte II - Trabalho Desenvolvido. Dentro das duas partes encontram-se capítulos e subcapítulos com temas pertinentes a cada uma.

O capítulo 1 antecede a Parte I e apresenta uma introdução ao tema central da tese, sendo composta pelo enquadramento, problema da investigação e objetivos do estudo, abordagem metodológica adotada na investigação e pela estrutura da tese.

A primeira parte é constituída por uma revisão da literatura existente sobre a temática em evidência, onde é feita uma fundamentação teórica sobre diversas vertentes relacionadas com o estudo. Esta parte possui quatro capítulos: resíduos sólidos e sua relação com a saúde, risco – aspectos conceptuais, análise, avaliação e gestão do risco e gestão do risco em sistemas de RSU.

O capítulo 2 apresenta um breve resumo histórico relacionado a produção de resíduos sólidos pelo homem e seus impactos na saúde e no ambiente. Neste capítulo também são abordados os tipos de tratamento mais utilizados para os resíduos urbanos e o processo de deposição final em aterro sanitário. Seguidamente, são identificadas as doenças transmitidas pelo contacto direto e indireto com os resíduos sólidos através do lixiviado, do ar e do solo, além de apontar a importância do controlo da qualidade do serviço em sistemas de resíduos.

O capítulo 3 dedica-se a discutir conceitos fundamentais para o entendimento do termo risco, além de alguns aspetos relevantes sobre o mesmo, como os tipos em que pode ser encontrado e os potenciais riscos que oferece à saúde pública e à integridade física do ambiente. Este capítulo apresenta grande relevância para a compreensão do tema abordado neste e nos capítulos posteriores.

No capítulo 4 apresenta-se um levantamento bibliográfico sobre o processo sistemático que é a gestão do risco e as etapas que a compõem, incluindo os métodos qualitativos, semiquantitativos e quantitativos. As etapas descritas são: actividades preparatórias, descrição do sistema, identificação dos perigos e eventos perigosos, análise e avaliação do risco, monitorização operacional e gestão e comunicação.

No capítulo 5 é realizada a caracterização do processo de gestão do risco especificamente para sistemas de RSU. Neste capítulo são apontados os limites e concentrações de microrganismos e

substâncias químicas, de acordo com órgãos de vigilância sanitária e agências ambientais. Esta secção também apresenta os perigos e eventos perigosos relacionados as etapas do sistema de resíduos: recolha, transporte, armazenamento e triagem, compostagem, reciclagem, incineração, deposição em aterros sanitários e em lixeiras. Neste capítulo, além da identificação dos perigos e eventos perigosos, também são identificadas as vias de exposição e a população exposta.

A segunda parte da tese refere-se ao trabalho de inovação desenvolvido. Esta parte encontra-se subdividida em cinco capítulos, são eles: metodologia, plano de segurança, estruturação de um PSRS, estudo de caso e considerações finais.

No capítulo 6 é descrita a metodologia adotada para a realização da tese e as tarefas desenvolvidas durante o projeto. Este capítulo inclui o método utilizado para o levantamento bibliográfico, para estruturação do PSRS e para o estudo de caso que foi utilizado como estratégia de investigação. O estudo de caso foi realizado no norte de Portugal, nas empresas Lipor e Braval.

O capítulo 7 dedica-se a realizar uma base de referencial teórica acerca dos planos de segurança. Este capítulo engloba o conceito geral de plano de segurança e descreve os planos promovidos pela Organização Mundial de Saúde (OMS): plano de segurança da água (PSA) e plano de segurança de saneamento (PSS). Esses planos serviram de inspiração para a elaboração do plano de segurança de resíduos sólidos (PSRS), o qual é introduzido também neste capítulo.

O capítulo 8 apresenta o PSRS, o qual é dividido em seis módulos, sendo eles: actividades preparatórias, descrição do sistema, identificação dos perigos e eventos perigosos, análise e avaliação do risco, monitorização operacional e gestão e comunicação.

No capítulo 9 é feita a descrição do estudo de caso realizado ao longo do trabalho. O levantamento de dados para a realização do estudo de caso ocorreu em duas empresas gestoras de resíduos sólidos e consistiu em duas abordagens: a realização de entrevistas semiestruturadas com a equipe técnica responsável e a análise de relatórios internos sobre eventos perigosos registrados nas empresas escolhidas.

No décimo e último capítulo são destacadas as principais ideias referentes as várias vertentes analisadas sobre o tema central, são apresentados os resultados obtidos no decorrer do trabalho

e é feito um apontamento das considerações finais. Por fim, são apresentadas sugestões para trabalhos futuros na mesma área de pesquisa que, acredita-se, poderiam vir a ser relevantes para acrescentar dados complementares para a evolução do sector dos resíduos sólidos e do desenvolvimento metodológico e operacional do PSRS.

PARTE I – Revisão da Literatura

CAPÍTULO 2. RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS E SUA RELAÇÃO COM A SAÚDE

2.1 Resíduos e saúde. Breve resumo histórico

O ser humano produz resíduos desde a pré-história, contudo, naquela época, o volume produzido era bastante reduzido, e a sua composição era basicamente de restos de alimentação, como carcaças de animais, cascas de frutas e hortaliças, resíduos biológicos, cadáveres e utensílios para o dia a dia feitos de pedra, metal e argila (Velloso 2008).

Nos seus primórdios, os seres humanos dispunham os resíduos de uma forma muito conveniente: simplesmente deixando-o onde eles “caíram”, mantendo limpo somente as áreas destinadas a dormir e a comer. Este esquema de deposição funcionava adequadamente porque as pessoas se mantinham em movimento, abandonando frequentemente seus acampamentos em busca de animais para caçar. O volume de resíduos teve considerável aumento quando a agricultura determinou a sedentarização e primeiras casas começaram a ser construídas, originando imediatamente o problema da deposição dos resíduos produzidos. A partir do momento em que moradias se tornam permanentes, os resíduos, em vez de as pessoas, teriam de ser removidos, significando um grande reajuste nos padrões de comportamento (Rathje & Murphy 1992).

Com o desenvolvimento das civilizações antigas, a invenção do vestuário e calçado e, principalmente, o aumento populacional, o acúmulo de resíduos passou a ser um verdadeiro problema. A má gestão dos resíduos levou à contaminação da água, do solo e da atmosfera, originando grande impacto na saúde pública (Giusti 2009), além de causar mau cheiro e a concentração de animais.

Durante a idade média, entre os séculos V e XV, as pessoas começaram ainda sem perceber que os resíduos poderiam vir a ser uma ameaça para a vida humana, acumulavam os resíduos nos centros urbanos, o que causava um péssimo odor das cidades e contribuía para a proliferação de ratos e insetos, dando início a algumas das maiores pragas já vividas pela humanidade, como a pandemia da peste bubônica, da cólera e da febre tifoide (Velloso 2008).

Devido as condições precárias de higiene e na falta de conhecimento no campo da saúde, na idade média qualquer enfermidade com alto índice de mortalidade era conhecida como praga ou peste, porém esses termos não se referiam à peste bubônica propriamente, podendo referir-se a

gripes, tifo, cólera ou varíola, por exemplo (Velloso 2008). Uma das epidemias a acometer a Europa nessa época foi a Cólera, entre o final do século XII e início do século XIII. Existem poucas informações sobre as sequelas causadas por esta epidemia, mas sabe-se que é uma doença contagiosa causada por um microrganismo cujo nome é *Vibrio cholerae* e transmitida através de alimentos ou água contaminada (Mala et al. 2014).

No início do século XIV, por volta do ano 1316 houve surtos de febre tifoide, disenteria e difteria. Estima-se que cerca de 10% da população morreu devido a essas três doenças (Simkin 1997). Essas três doenças são infectocontagiosas causada pelas respectivas bactérias: *Salmonella Typhi*, *Shigella* e *Corynebacterium diphtheriae*. A transmissão dessas doenças se dá pelo consumo de água e alimentos contaminados pelas fezes ou urina de pessoas infetadas, por esta razão ambientes sem saneamento estão propícios a estas graves doenças (Burkovski 2014; Dougan & Baker 2014; WHO et al. 1999).

Alguns anos mais tarde, em 1347, foi a vez da peste bubônica, ou peste negra. A epidemia teve duração aproximada de cinco anos e durante este período causou a morte de cerca de um terço da população do continente europeu daquela época. A peste negra é uma doença infecciosa causada pela bactéria *Yersinia pestis*, que é transmitida ao ser humano através das pulgas de ratos ou outros roedores (Eaton 2015).

As primeiras técnicas organizadas para gestão de resíduos foram desenvolvidas ainda na idade média, como a proibição de deposição de resíduos em vias públicas e valas pelo governo inglês. Porém, após esta época, no século XVIII com o início da Revolução Industrial, os resíduos continuaram tendo um papel importante na história da saúde pública, já que a sua produção veio a ter um aumento considerável com a produção de bens em massa e, conseqüentemente, consumo nas mesmas proporções (Marques 2005).

Em 1842, com a divulgação com um relatório do governo britânico relacionando doenças com as condições ambientais imundas, é dado o início a “Era do Saneamento”, onde manter as ruas limpas passava a ter destaque nas políticas públicas (Metzger 2009). Porém, pode-se dizer que as técnicas utilizadas ainda eram inadequadas, a incineração e deposição em corpos d’água eram praticamente as únicas formas existentes. As Figuras de 2 a 5 ilustram o acúmulo e descarte de resíduos entre o século XVIII e XX.



Figura 2 - Despejo de lixo no mar no porto de Nova York, Estados Unidos, em 1880

Fonte: Woodbury 1903



Figura 3 - Cidade no Reino Unido, em 1971

Fonte: Hedges 1971



Figura 4 - Despejo de lixo no mar de Toronto, Canadá, em 1922

Fonte: Boyd 1922



Figura 5 - Lixo acumulado nos canais de Amsterdam, Holanda, no início do século XX

Fonte: Anônimo

Com o aumento da preocupação com os resíduos, a grande maioria das cidades pelo mundo começam a depositar seus resíduos em lixeiras, que eram sítios específicos e afastados dos centros urbanos. Porém, tais sítios não obedeciam a nenhuma norma de funcionamento, o solo não tinha qualquer preparo e os resíduos ficavam expostos ao ar livre (Ali et al. 2014). Dessa forma, o solo, o ar e as águas subterrâneas e superficiais estavam sujeitos a contaminação por substâncias tóxicas provenientes da degradação dos resíduos (Sharma 2016; Shaylor et al. 2009). Ver na Figura 6 a imagem de uma lixeira em funcionamento em Portugal em 1990.



Figura 6 - Lixeira em funcionamento

Fonte: Climate Action Programme 2016

Ao mesmo tempo em que os progressos na ciência e tecnologia trazem muitos benefícios para a sociedade, também podem originar diversos problemas para manutenção do ambiente natural. Assim, o homem vem procurando soluções para estes problemas, a fim de dar continuidade ao desenvolvimento tecnológico e evitar que os impactos negativos comprometam a saúde humana, da fauna e da flora.

Nas Figuras 7 e 8 apresentam-se gráficos com o crescimento populacional mundial e a geração de resíduos também a nível mundial desde 1900 e uma projeção até o ano 2100. Esses gráficos demonstram que conforme o tempo passa e a população aumenta, a humanidade torna-se mais desenvolvida tecnologicamente e mais resíduos são produzidos.

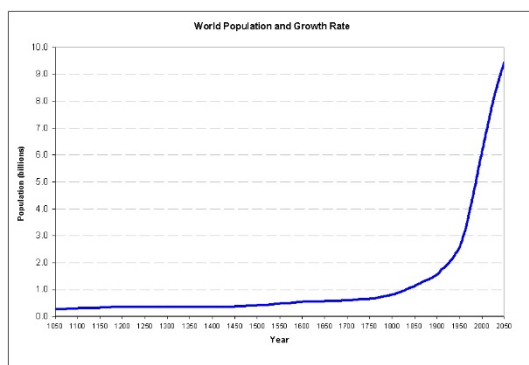


Figura 7 - Aumento da população mundial em milhões ao decorrer dos anos

Fonte: DSS Research 2011

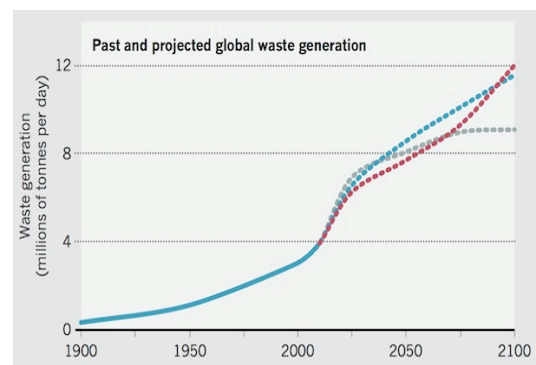


Figura 8 - Aumento da geração de resíduos mundialmente em milhões de toneladas

Fonte: Hoornweg et al. 2013

Após as muitas situações inconvenientes causadas pelos resíduos depositados de maneira inadequada no ambiente, em 1959 a Sociedade Americana de Engenheiros Civis publicou pela primeira vez diretrizes para um "aterro sanitário" que sugeria a compactação dos resíduos e cobertura com uma camada de solo por dia para reduzir os odores e controlar a proliferação de vetores de doenças, porém este projeto para um aterro não previa normas relacionadas ao lixiviado ou ao biogás.

Com o passar dos anos e os avanços das políticas de saúde pública, foram desenvolvidos diversos métodos para tratamento e deposição dos resíduos sólidos, destacando-se dentre eles a reciclagem, a incineração com recuperação de energia, projetos de incentivo para a minimização de produção de resíduos e deposição final em aterro sanitário (Gouveia 2012). Hoje, os aterros sanitários são sistemas onde o solo é devidamente preparado para evitar sua contaminação, o lixiviado é tratado para não poluir as águas e o biogás é queimado ou reutilizado, assim diminui as emissões de substâncias tóxicas ao ar (Hoornweg & Bhada-Tata 2012). Essa tecnologia da forma como é empregada hoje, oferece menores ameaças para saúde e para o ambiente.

Apesar de hoje existirem tantas alternativas para tratamento dos resíduos produzidos, isso por si só não é o suficiente, pois colocar em prática os tratamentos adequados demanda investimento financeiro e dedicação por parte dos representantes governamentais para organizar uma gestão que ofereça serviços de qualidade. Por esta razão, na União Europeia foram estipuladas metas específicas para cada país ou por bloco de países, de acordo com as suas realidades locais. Essas metas definem o volume de resíduos que deve ser tratado, os tipos de tratamento a serem utilizados de acordo com as suas características e o limite máximo de resíduos que se pode ser direcionado para deposição final em aterro sanitário. Dessa forma, espera-se que em breve, com metas cada vez mais rigorosas, os impactos causados pelos resíduos sejam cada vez menores.

No Quadro 1 apresenta-se numa cronologia os principais eventos Resíduos *versus* Sociedade e os métodos para tratamento e deposição desenvolvidos a nível mundial.

Quadro 1 - Cronologia da gestão de resíduos sólidos

Período	Localização	Dados
500 a.C.	Grécia	Primeira lixeira não controlada. Os resíduos eram obrigatoriamente despejados a, pelo menos, um quilômetro dos limites da cidade.
1388	Inglaterra	Parlamento Inglês proíbe a deposição de resíduos em vias públicas e valas.

1400	França	As pilhas de lixo fora dos portões de Paris eram tão altas que começavam a interferir com a defesa da cidade.
1657	Estados Unidos	Em Nova Iorque (na época chamada New Amsterdam) é aprovada uma lei que proíbe as pessoas de jogar resíduos nas ruas.
1842	Inglaterra	O relatório de Chadwick vincula as doenças com as condições ambientais imundas. A "era do saneamento" começa.
1866	Estados Unidos	O conselho de Saúde de Nova Iorque declara guerra contra o lixo, proibindo o lançamento de animais mortos, lixo ou cinzas nas ruas.
1872	Estados Unidos	É proibido o despejo de lixo pela plataforma construída sobre o East River.
1874	Inglaterra	Uma nova tecnologia chamada de "Destructor" é criada para queimar os resíduos e produzir eletricidade.
1885	Estados Unidos	É construído a primeira incineradora do país. No mesmo ano foram construídas 180 incineradoras.
1893	Brasil	A Intendência de Polícia e Higiene realizou inspeção em habitações e cortiços, obrigando a população a remover todo o lixo acumulado nos quintais. Isso ocorreu por causa das epidemias de febre amarela, a fim de se apresentarem medidas no sentido de destruir os focos de insalubridade responsáveis pela propagação da doença.
1893	Brasil	Em São Paulo foi feito o primeiro contrato protocolado com uma empresa particular para os serviços de coleta domiciliar e de varrição, lavagem de ruas, limpeza de bueiros e bocas-de-lobo, incineração de lixo e limpeza de mercados.
1904	Estados Unidos	Primeiras instalações de reciclagem de alumínio são construídas.
1904	Suécia	Foi elaborado o primeiro plano sueco para recuperação de energia a partir de resíduos sólidos.
1932	Estados Unidos	Desenvolvimento de camiões compactadores de lixo.
1959	Estados Unidos	A Sociedade Americana de Engenheiros Civis publica um guia padrão para o projeto e operação de aterros sanitários. Para proteção contra os roedores e os odores, sugere-se a compactação do lixo e a sua cobertura diária com uma camada de solo.
1971	Estados Unidos	Primeiro projeto de lei que oferece dinheiro para alumínio, vidro e embalagens de plástico. Dessa forma, remove cerca de 7% do volume do lixo.
1972	Alemanha	Instituição de modelos de cuidado e reaproveitamento de seus resíduos.
1979	Estados Unidos	EPA estabelece recomendações para aterros que proíbem lixões a céu aberto.
1989	Canadá	O Conselho Canadense de Ministros para a Proteção do Meio Ambiente (CCME) aprovou um acordo voluntário com a indústria para reduzir a quantidade de resíduos de embalagens que iam para deposição final em 50% até 2000. A meta foi obtida em 1996.
1990	Portugal	Até à década de 90, todos os RSU eram encaminhados para lixeiras a céu aberto, depositados sobre solo não protegido onde iam sendo queimados para redução do seu volume sem qualquer controlo ambiental e de saúde pública.
1990-1993	Estados Unidos	140 leis de reciclagem promulgada em 38 estados. EPA emite critérios exigidos pelos aterros sanitários municipais sobre os Resíduos Sólidos Perigosos.
1996-1997	Portugal	Iniciam-se os trabalhos do Grupo de Tarefa responsável pela elaboração do PERSU, previsto no Decreto-Lei nº 310/95, de 20 de novembro e que viria a ser aprovado a 13 de novembro de 1997. Este plano exigia atenção para algumas questões fundamentais, como proibição de deposição de resíduos em lixeiras; caracterização dos resíduos produzidos; gestão de resíduos de acordo com as condicionantes geográficas; garantia de uma rede de destinos finais adequados.
2002	Portugal	A última lixeira de Portugal (Évora) é encerrada.

2007	Portugal	Foi aprovado, através da Portaria n.º 187/2007, de 12 de fevereiro, o PERSU II para o período de 2007 a 2016, que dá continuidade à política de gestão de resíduos, tendo em atenção as novas exigências entretanto formuladas a nível nacional e comunitário, assegurando, designadamente, o cumprimento dos objetivos comunitários em matéria de desvio de resíduos urbanos biodegradáveis de aterro e de reciclagem e valorização de resíduos de embalagens, e procurando colmatar as limitações apontadas à execução do PERSU I.
2010	Brasil	Estabelecimento de índices de reciclagem do alumínio acima de 90%. Para o restante dos materiais os índices se mantem na faixa de 50%. No mesmo ano foi instituída a lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos.
2010-2020	União Europeia	Metas estabelecidas: - Reduzir os níveis de resíduos de 2010 em 10% até 2020; - Meta de 50% de reciclagem até 2020 e elevação das metas de reciclagem para 70% até 2025; - Assegurar a separação seletiva de 100% dos resíduos até 2020; - Banir os resíduos biodegradáveis dos aterros até 2020; - Banir a incineração de recicláveis e bioresíduos até 2020.
2010	Alemanha	Em 2010, a Alemanha já reciclava 62% dos resíduos produzidos e já havia batido a meta europeia estipulada para 2020.
2014	Brasil	Os lixões a céu aberto são proibidos por lei, porém muitos continuam em funcionamento.
2014	Portugal	O Plano Estratégico para os Resíduos Urbanos (PERSU 2020) foi aprovado para o período 2014-2020.

Fonte: APA(a) 2011; APA 2014; ASTC 2014; EGSRA 2013; ETHOS 2012; Friis 2012; IBGE 2010; Juras 2012; Miziara 2008.

2.2 Produção de resíduos sólidos urbanos

No contexto de grandes mudanças e vigorosa evolução da humanidade, a sociedade atual se encontra diante da era do consumismo e do livre comércio, onde a qualidade de vida se confunde com o consumo exagerado. Tal questão resulta em um grande conflito ambiental, já que a necessidade de materiais mais duráveis, versáteis e baratos é muito grande (Ambrósio et al. 2010). Tais características são encontradas nos materiais sintéticos, que em suas mais variadas formas, geram quantidades alarmantes de resíduos sólidos (Coelho et al. 2008; Kumar et al. 2010).

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), resíduos sólidos são definidos como sendo todos os materiais resultantes de atividades da comunidade, de operações industriais, comerciais, mineradoras e agrícolas, além de lodos de estações de tratamento de águas residuais, de tratamento de água ou instalações de controlo de poluição do ar e outros materiais descartados que não podem ser reutilizados.

Com o passar dos anos tem sido observado o aumento na geração de resíduos sólidos por todo o mundo, tal fenômeno deve-se ao crescimento populacional, às mudanças dos hábitos de vida e ao desenvolvimento tecnológico que resulta em maior consumo de recursos naturais (Inoue & Ribeiro 2016; Kaushal et al. 2012). Dessa forma, os países mais desenvolvidos geram maior volume de resíduos, enquanto países em desenvolvimento geram menor volume, como pode ser visto na Figura 9, que demonstra a geração de resíduos de acordo com os principais blocos do mundo. Essas estatísticas não significam, porém, que os países com maior volume de resíduos sofram maiores impactos, já que estes possuem ao seu dispor tecnologias melhores e mais recentes para tratá-los (Hoornweg & Bhada-Tata 2012).

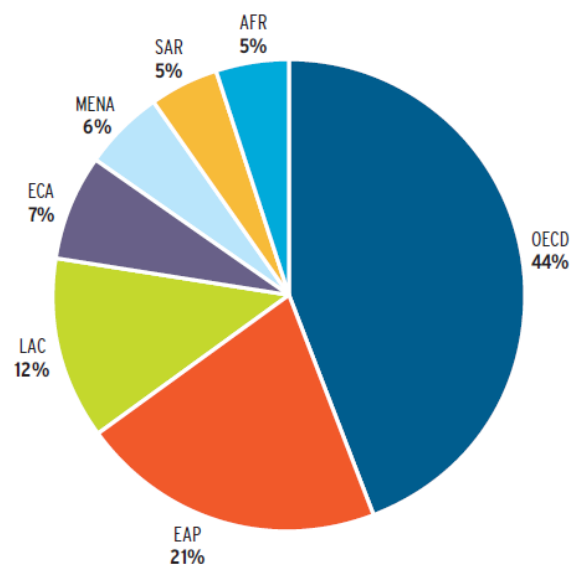


Figura 9 - Geração de resíduos no mundo

*OECD: países que participam da Organisation for Economic Co-operation and Development; EAP: Ásia Oriental e Pacífico; SAR: Sul da Ásia; MENA: Oriente Médio e Norte da África; ECA: Europa e Ásia Central; LAC: América Latina e Caraíbas; EAP: Leste Asiático e Pacífico; AFR: África.

Fonte: Hoornweg & Bhada-Tata 2012

Como demonstrado na imagem da Figura 9, os países que compõem a OECD geram 44% de todo o resíduo produzido no mundo, isso se deve ao fato de que parte desses países se destacam por possuírem elevado desenvolvimento tecnológico, sendo assim, suas indústrias, o comércio e a própria população consomem mais materiais e, conseqüentemente, geram mais

resíduos. Muitos autores (Burnley et al. 2007; Kaushal et al. 2012; Khajuria et al. 2010) citam que a geração de resíduos pode ser considerada como uma forma para medir o índice de desenvolvimento dos países, já que a produção de resíduos é diretamente proporcional ao desenvolvimento local. A mesma situação ocorre com a gestão dos resíduos, onde quanto mais desenvolvida a nação, maior a sua preocupação com as políticas para proteção ambiental. Por esta razão, a geração de resíduos em breve deixará de ser uma “régua” do desenvolvimento de uma localidade, já que o emprego cada vez mais frequente da regra dos 3R’s estimulará a redução da produção de resíduos.

O continente que concentra o maior número de países desenvolvidos é a Europa. Estima-se que em 2014 a Europa tenha produzido cerca de 2 503 milhões de toneladas de resíduos, enquanto que no continente africano, onde encontra-se a maior concentração de países em desenvolvimento do mundo, foram produzidos aproximadamente 62 milhões de toneladas de resíduos. Segundo dados divulgados pela autoridade estatística da União Europeia, Eurostat (2010), a produção média per capita de resíduos urbanos foi de cerca de 5,3 toneladas por habitante no ano de 2008 na UE. No mesmo período, a mesma organização apontou que em Portugal a geração de resíduos por habitante foi de 5,1 toneladas, tendo este índice apresentado crescimento nos últimos anos. Esses valores mostram que o consumo de materiais tem aumentado no país e portanto, também tem aumentado a quantidade de resíduos gerados.

A Figura 10 apresenta um gráfico com dados referentes a geração de resíduos na Europa entre 2005 e 2015.

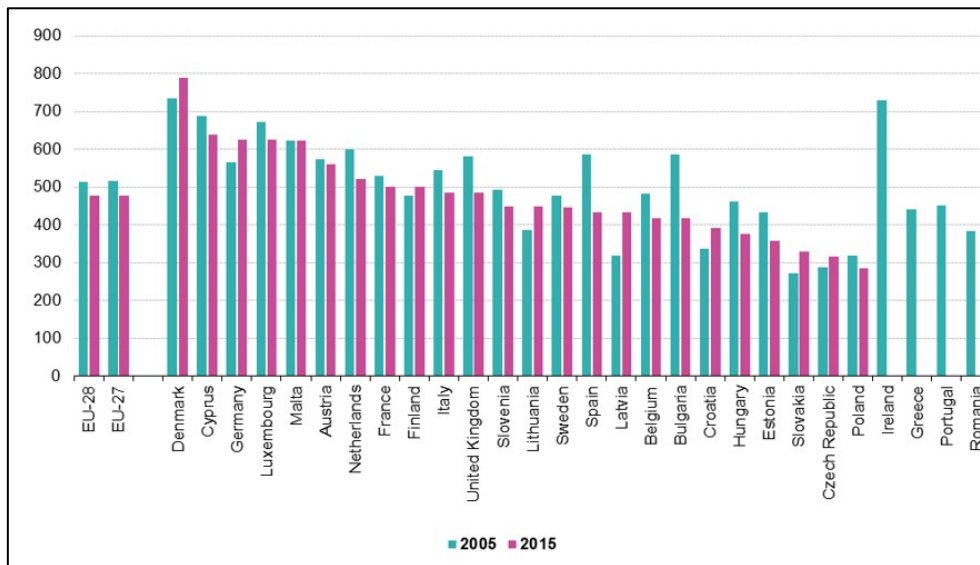


Figura 10 - Índices de geração de RSU nos anos de 2005 e 2015 nos países da Europa em toneladas

Fonte: Eurostat 2017

Além do volume de resíduos desproporcional entre países com índices de desenvolvimento diferentes, outro aspecto em que esses países apresentam diversidade entre si é relativamente às características dos resíduos produzidos. Segundo Beigl et al. (2004) e Srivastava et al. (2014) é possível determinar se um país é mais desenvolvido ou não apenas através da análise da composição dos resíduos sólidos produzidos.

A cada ano que passa novos materiais são desenvolvidos pela indústria e com isso os resíduos urbanos têm as suas características alteradas com o passar do tempo; cem anos atrás, por exemplo, os resíduos urbanos não possuíam na sua constituição materiais sintéticos. Hoje, os RSU são compostos, basicamente, por papéis, plásticos, metais, vidro e matéria orgânica proveniente de restos de alimentos e jardinagem. Nos países desenvolvidos os RSU são abundantes em papéis, plásticos, metais e outros materiais inorgânicos, enquanto que em países mais pobres os resíduos possuem maior quantidade de resíduos orgânicos (Hoorweg & Bhada-Tata 2012). Apesar da afirmação de que a composição dos resíduos gerados em países em desenvolvimentos é semelhante, eles não são exatamente iguais, já que a composição dos resíduos depende de outros fatores, como por exemplo clima, fatores culturais, presença ou ausência de indústrias e infraestrutura das cidades (Khajuria et al. 2010).

Na Tabela 1 apresentam-se dados comparativos entre a composição dos resíduos produzidos em países com maior renda e em países com menor renda.

Tabela 1 - Composição dos resíduos produzidos em países com diferentes rendas

Países com maior desenvolvimento (maior renda disponível)		Países com menor desenvolvimento (menor renda disponível)	
Resíduos orgânicos	28%	Resíduos orgânicos	64%
Papéis	31%	Papéis	5%
Plásticos	11%	Plásticos	8%
Metais	6%	Metais	3%
Vidros	7%	Vidros	3%
Outros	17%	Outros	17%

Fonte: Adaptado de Hoornweg & Bhada-Tata 2012

A gestão adequada dos resíduos é fundamental para promoção da saúde pública e garantia da qualidade ambiental, ambos aspectos de grande relevância para a sociedade. Contudo, para que o processo de planejamento e a própria gestão sejam desenvolvidos apropriadamente é primeiro necessário levantar dados quanto à classificação dos resíduos que serão recolhidos, transportados, armazenados e tratados por um determinado sistema, além do seu volume (EPA 2015).

Estimar o volume dos resíduos produzidos por uma determinada região é um fator de grande importância para elaborar e colocar em prática um sistema para gestão de RSU de qualidade, para isso, é necessário realizar estudos sobre os costumes da população local (Khan et al. 2016). Um grande desafio desta tarefa é desenvolver uma técnica eficiente para prever antecipadamente as tendências de geração em regiões de crescimento acelerado, pois informações defasadas podem acarretar em um sistema inadequado (Dyson & Chang 2005).

Como citado anteriormente, além do volume gerado outro fator importante para um sistema de resíduos é correta classificação dos resíduos, que garantirá uma gestão mais eficiente e segura, já que a tecnologia utilizada estará de acordo com as necessidades do sistema em si e da população servida (Edjabou et al. 2015).

2.3 Recolha, tratamento e deposição final em aterro sanitário

A produção de resíduos é inevitável (Ali et al. 2014) e durante muitos anos os resíduos foram subestimados e por isso, foram descartados sem qualquer tratamento e em locais inadequados. Essa prática provocou consequências devastadoras para saúde humana e ambiental, onde os resíduos foram responsáveis diretos pela alteração de ecossistemas.

Os resíduos podem provocar impactos sobre a qualidade do ar, do solo e das águas subterrâneas, devido ao imenso potencial poluidor dos produtos derivados do seu processo degradativo. Durante esse processo, é gerada uma série de substâncias e gases tóxicos capazes de alcançar diversos níveis do ambiente e, conseqüentemente, afetar a saúde pública e ambiental (Butt et al. 2008).

As duas principais fontes poluidoras dos resíduos são o lixiviado e o biogás. O lixiviado é o líquido produzido pela decomposição de substâncias contidas nos resíduos sólidos, possui cor escura, odor muito forte e característico e elevado nível de CBO (carência bioquímica de oxigênio) de grande potencial causador de poluição (ABNT 1992). O lixiviado é constituído de compostos orgânicos e inorgânicos, incluindo amônia, metais pesados, ácidos húmicos, poluentes orgânicos sintéticos persistentes e sais inorgânicos de alta concentração. Se o lixiviado não for coletado e tratado com segurança, torna-se uma fonte de poluição que ameaça diretamente o solo e as águas superficiais e subterrâneas (Butt et al. 2009; Butt et al. 2014).

O biogás, também chamado de gás bioquímico (GBQ) ou gás de aterro, é uma mistura de gases produzidos em função das transformações físicas, químicas e biológicas na matéria orgânica em condições anaeróbias. A sua produção ocorre tanto em aterros sanitários na presença de matéria orgânica putrescível, quanto no processo de compostagem, quando se desenvolve em condições de anaerobiose. O biogás é composto principalmente por metano (40 a 80%) e dióxido de carbono (20 a 60%) em composições variáveis a depender do material decomposto (ABNT 1992; Russo 2003). O biogás faz parte dos GEE, gases que causam o Efeito Estufa, e por isso deve ser continuamente removido e queimado no local onde foi produzido, ou aproveitado como combustível e utilizado para geração de energia térmica e ou energia elétrica (Piedade & Aguiar 2013).

O solo pode ser afetado por diversos fatores associados aos resíduos, dentre eles alguns autores afirmam que o mais preocupante ocorre através da contaminação por metais pesados (Domingo e Nadal 2009; Giusti 2009). Muitos resíduos urbanos possuem metais pesados em sua composição e quando estes são descartados sem tratamento, os metais pesados acabam por enriquecer o lixiviado gerado, que por sua vez ameaça a qualidade e alteram o padrão de fertilidade do solo, podendo trazer consequências terríveis para saúde (Ali et al. 2014).

A contaminação das águas por resíduos também pode se dar pelo lixiviado, que, a depender da proximidade com águas superficiais, contaminam rios e lagos, ou atravessa o solo e alcança as águas subterrâneas, contaminando os lençóis freáticos (WHO 2007).

O ar sofre impactos originários do biogás formado durante o processo de degradação dos resíduos. Além disso, desde a revolução industrial a incineração de resíduos, como forma de tratamento para reduzir o seu volume, passou a ser uma prática comum ao redor do mundo, prática esta que gera muitos gases, como por exemplo dióxido de carbono (CO_2), vapor d'água e outros gases, além de cinzas ricas em metais pesados (Chang & Wang 1996; Giusti 2009; Guyer 2011; Pan et al. 2013).

Atualmente, a sociedade tem conhecimento de que os resíduos não podem ser depositados de qualquer forma em qualquer lugar do ambiente, pois esta prática pode acarretar em diversos impactos negativos para saúde. Além disso, hoje, a sociedade vê nos resíduos sólidos uma fonte de recursos (Zaman 2010).

Por estas razões foram desenvolvidas diversas opções para tratamento de resíduos, os quais devem ser designados de acordo com as características dos próprios resíduos (APA 2014). Os resíduos sólidos são classificados em função da sua origem, de suas propriedades físicas, químicas ou infectocontagiosas e pela potencialidade em causar danos à saúde pública e ao ambiente. Tendo em vista os riscos que podem ser acarretados pela forma inadequada de manuseio dos resíduos daí a relevância em estabelecer as classificações de maneira clara e precisa para que não ocorra equívocos durante o seu gerenciamento. Além de também poderem ser classificados de acordo com os tratamentos a que podem ser submetidos após o seu descarte. A Figura 11 apresenta quatro classificações comuns dos resíduos sólidos.

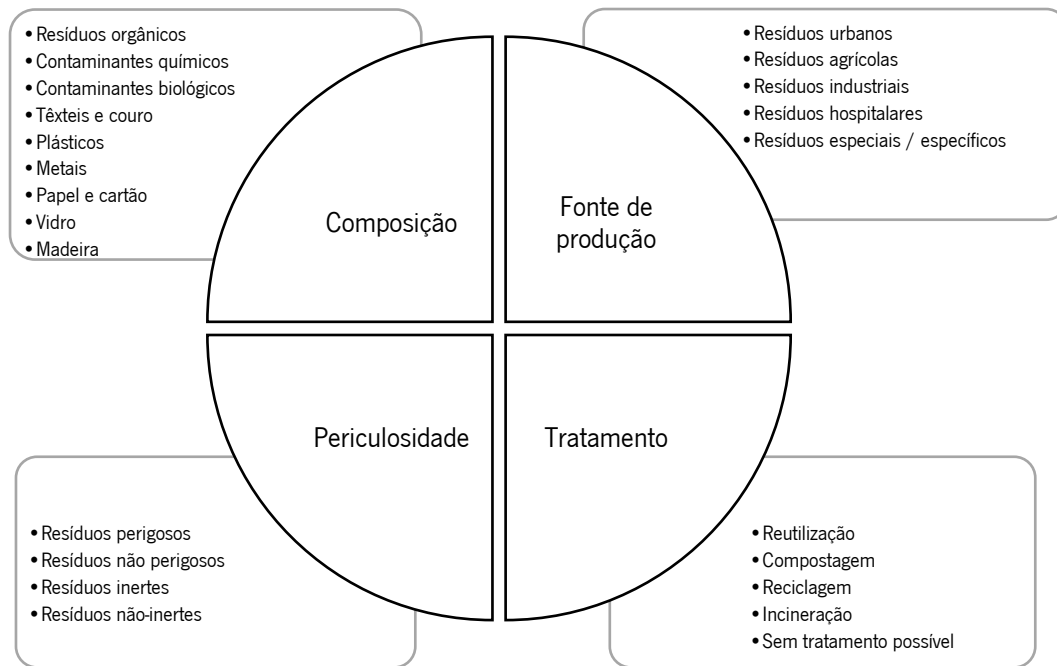


Figura 11 - Classificação dos resíduos sólidos

A classificação dos resíduos produzidos por uma determinada região e população é extremamente relevante para definir o designe do projeto para tratamento e deposição final. Após esse procedimento inicial, a gestão integrada de resíduos sólidos deve ser implementada. Atualmente a gestão de resíduos compreende os métodos de coleta, tratamento, valorização e eliminação de resíduos, da mesma maneira que faz o acompanhamento dos impactos ambientais nos solos e nas águas, com o objetivo de alcançar benefícios ambientais, otimização econômica e aceitabilidade social (APA(b) 2011; LISBOA 2006).

O processo de recolha de resíduos sólidos deve ocorrer no ponto de produção, seja ele residencial, industrial, comercial ou institucional, e deve ser direcionado para o ponto de tratamento ou eliminação (Hoorweg & Bhada-Tata 2012). A recolha inclui tanto os resíduos selecionados para reciclagem ou os resíduos que estão misturados (LISBOA 2006). Esse necessita de um veículo de recolha para armazenar temporariamente os resíduos e para transportá-los até ao centro de receção, que é o local apropriado onde se procede ao seu armazenamento e triagem (Anand 2010).

Durante a etapa de triagem é feita a separação dos materiais recicláveis e dos materiais orgânicos, os quais não devem ser depositados nos aterros sanitários. Esse procedimento pode

ser feito de duas formas: na fonte ou no centro de recepção de resíduos. Contudo, os materiais recicláveis recuperados a partir de resíduos mistos tendem a estar contaminados, o que reduz as suas possibilidades de tratamento e comercialização (Hoornweg & Bhada-Tata 2012).

As tecnologias disponíveis para tratamento dos resíduos, após a sua devida classificação, são: reciclagem, incineração com recuperação de energia, compostagem e deposição final em aterro sanitário. A Figura 12 apresenta as tecnologias mais utilizadas para tratamento de resíduos e em seguida é feita uma breve explicação de cada um.

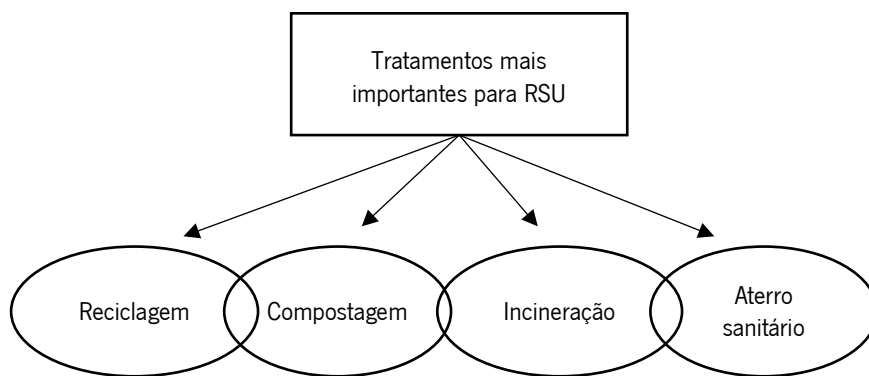


Figura 12 - Tratamentos mais importantes para resíduos sólidos urbanos

O processo de reciclagem de materiais é definido pela Environmental Protection Agency (EPA) como o processo de coleta, separação, limpeza e tratamento de materiais que seriam descartados como lixo e são transformados novamente em produtos que podem ser reutilizados no mercado, seja sob a forma original ou como matéria-prima de outros materiais para diversas finalidades.

A compostagem é o processo biológico aeróbio que consiste na reciclagem da matéria orgânica garantindo, dessa forma, um destino útil para esta classe de resíduos e, conseqüentemente, impedindo o seu acúmulo desnecessário em aterros sanitários. Além dessa função, a compostagem também contribui para a melhora dos solos, pois este processo origina um produto de húmus estável (Piedade & Aguiar 2013; Russo 2003). Ou seja, além de ser um processo eficaz para a reciclagem da fração biodegradável dos RSU, sua utilização tem vantagem econômica, pois o composto produzido é aplicável na agricultura. Ver na Figura 13 um esquema do processo de compostagem.

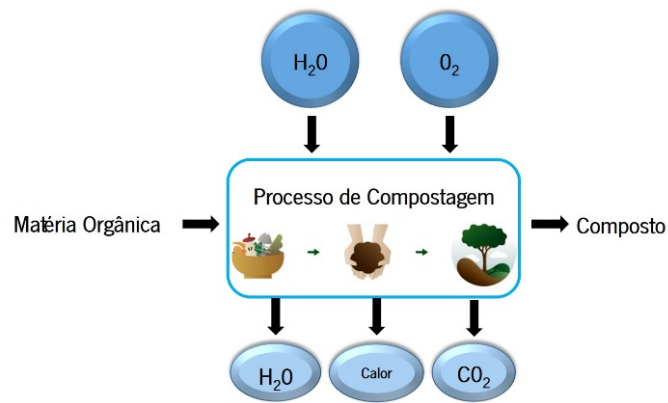


Figura 13 - Esquema explicativo do processo de compostagem

O processo de incineração, ou combustão controlada, é a queima de resíduos sólidos em alta temperatura, em cerca de 1000°C. Esse processo envolve uma sequência de etapas e ao seu final é capaz de reduzir o volume dos resíduos em 80 a 90% do volume inicial, transformando os RSU e industriais em, principalmente, dióxido de carbono (CO₂), vapor d'água, outros gases e em cinzas, os quais podem ser ainda processados ou depositados em aterros sanitários (Guyer 2011).

Hoje, a incineração somente é reconhecida como uma forma de tratamento de resíduos sólidos ambientalmente correta quando recupera a energia incorporada nos resíduos antes do seu descarte, energia esta que é liberada na forma de calor (EPA 1995).

Conforme define a norma técnica brasileira NBR 8.419/1984, aterro sanitário é o método que deve ser utilizado para deposição de RSU no solo, sem causar danos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais. Este método utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se necessário. O aterro sanitário também deve possuir mecanismos que permitam o escoamento de águas e o aproveitamento de biogás. O projeto deve ser elaborado tendo como objetivo a implantação de um aterro sanitário que deve contemplar todas as instalações fundamentais ao bom funcionamento e ao necessário controle sanitário e ambiental durante o período de operação e fechamento do aterro.

O ideal é que só fossem enviados para os aterros sanitários os verdadeiros rejeitos, que são resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentam outra possibilidade que não a deposição final ambientalmente adequada (CEBQ/IST 2006).

Na Figura 14 apresenta-se um gráfico com valores referentes aos tratamentos de reciclagem, incineração e deposição em aterro realizados na Europa em três períodos diferentes: 1995, 2004 e 2010, além de uma estimativa para o ano de 2020, de acordo com estudos realizados a fim de se prever as mudanças no comportamento da população e nos padrões da gestão de resíduos urbanos.

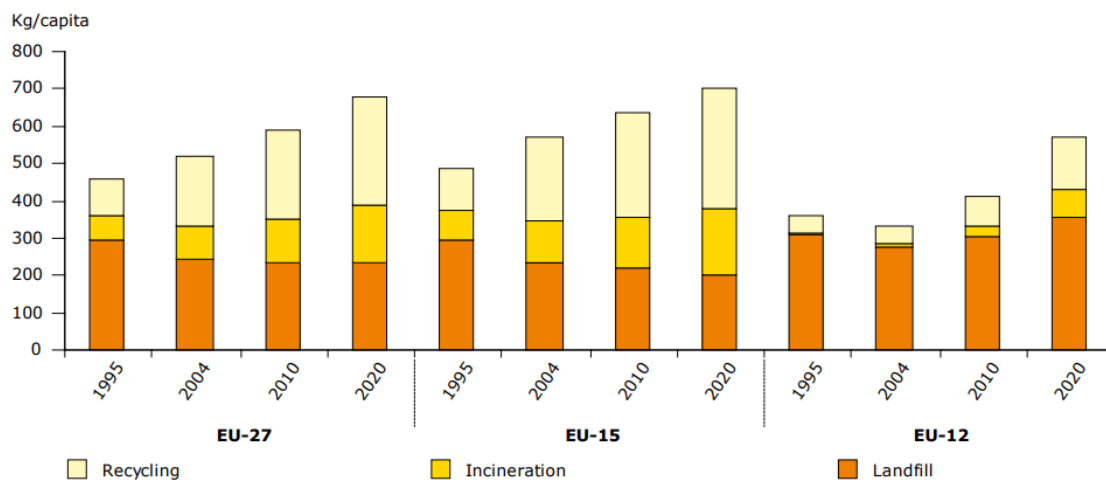


Figura 14 - Gestão de resíduos sólidos na Europa

Fonte: Eurostat and ETC/RWM

Dentre as tecnologias citadas a que necessita maior atenção por parte dos gestores é o aterro sanitário (AS). A utilização dos aterros sanitários é considerada uma opção adequada para a deposição final de resíduos, principalmente por ser um método que apresenta impacto ambiental pouco agressivo, com pequenos custos e com simplicidade operacional (Cossu 2013). Contudo, o déficit nas etapas de gerenciamento de resíduos sólidos (recolha, gestão, deposição final e ausência de uma política de proteção à saúde) é reconhecido na literatura científica como sendo a causa dos seus efeitos adversos ao ambiente e à saúde pública (Deus et al. 2004).

Os aspectos negativos apresentados pelos AS são ocasionados pela deposição inadequada de resíduos e por sistemas de gerenciamento mal estruturados, que ocasionam a contaminação de recursos hídricos e do solo. Além disso, contribuem para o aparecimento de vetores e agentes epidemiológicos, que se traduzem em impactos negativos no ambiente e na saúde pública (Costa et al. 2012). Desta forma, cresce a necessidade de buscar alternativas mais eficientes para a deposição final de resíduos (Pereira & Maia 2012).

2.4 Doenças transmitidas pelos resíduos sólidos

Os resíduos sólidos podem causar diversas condições patológicas aos homens e transtornos ao meio ambiente a depender das suas características e composição, da forma como se deu o tratamento e o local onde foram depositados, ou seja, o fim a que se foi dado. A gestão inadequada de RSU causa todos os tipos de poluição: ar, água e solo (Alam & Ahmade 2013). Contudo, deve-se ter em consideração de que mesmo as formas de tratamento mais modernas e eficientes, as que são consideradas atualmente como adequadas, não são capazes de eliminar por completo os impactos negativos na saúde e no ambiente causados pelos resíduos (Proag & Proag 2014).

Em se tratando de resíduos provenientes do ambiente urbano, quando estes não são devidamente geridos, seus impactos são multiplicados e se refletem através da disseminação de doenças infecciosas. Por esta razão, nos países em desenvolvimento e que, portanto, possuem menor renda os sistemas de saneamento são mais debilitados, e assim, as doenças provocadas pelos resíduos sólidos são mais recorrentes (Koop & Leeuwen 2017).

A matéria orgânica presente nos RSU é responsável por atrair moscas, mosquitos, ratos, baratas, aves, cães, gatos, suínos, equinos e outros animais e microrganismos, como bactérias, fungos actinomicetos e vírus (Alam & Ahmade 2013; Garcia & Zanetti-Ramos 2004), que acabam por espalhar diversas doenças provenientes do contacto com os resíduos. Os microrganismos e animais que contribuem para proliferação de doenças são denominados micro e macrovetores. Além das doenças provocadas por estes vetores, também ocorre com igual frequência as contaminações por substâncias tóxicas contidas nos próprios resíduos ou que se formam durante ou após o processo de degradação (Ribeiro & Lima 2000).

Para além das características dos próprios resíduos, outros fatores são deveras relevantes, como os aspetos relacionados à população com maior probabilidade de exposição aos impactos negativos, como a idade, gênero e frequência e proximidade com os resíduos e seus subprodutos (Forastiere et al. 2011). Dessa forma, deve-se incluir na população exposta as pessoas que fazem uso de solo enriquecido com adubo proveniente do processo de compostagem, de água contaminada devido ao despejo de resíduos ou pelo vazamento de lixiviado de aterros sanitários e os trabalhadores do sistema de gestão de resíduos (Alam & Armade 2013). No Quadro 2 identificam-se classes de população com maior probabilidade de exposição aos perigos e eventos perigosos.

Quadro 2 - Classes de população exposta a perigos e eventos perigosos causados por RSU

Sigla	Classe	Descrição
C	Consumidores	Pessoas que consomem ou utilizam produtos que foram produzidos a partir do processo de gestão de RSU
A	Agricultores	Pessoas que manipulam produtos do processo de gestão de RSU
L	Comunidade local	Pessoas que moram nas proximidades de etapas de sistemas de RSU
T	Trabalhadores	Responsáveis pela manutenção, limpeza ou operação de sistemas de RSU

Algo a que se deve ter em consideração é que resíduos provenientes de indústrias e centros de saúde (hospitais, clínicas e laboratórios), que deveriam ser direcionados a outros sistemas de gestão de resíduos, muitas vezes são encaminhados como resíduos urbanos (Alam & Ahmade 2013). Tal prática não deveria em nenhuma hipótese acontecer, já que os tratamentos são diferentes e a falta de tratamento específico para estes tipos de resíduos pode acarretar em consequências devastadoras para saúde pública, como por exemplo contaminação por radiação e exposição a agentes biológicos (Hoornweg e Bhada-Tata 2012). Os trabalhadores dos sistemas de resíduos sólidos são os principais impactados por estes eventos perigosos.

Outro fator que merece destaque quando se trata de doenças causadas pelos resíduos é a qualidade dos serviços de recolha, uma vez que o acúmulo de resíduos pode causar o entupimento de bueiros, impedir o escoamento das águas pluviais e manter água parada, resultando na proliferação de animais, doenças e mau-cheiro dentro dos centros urbanos (Alam & Ahmade 2013).

Os locais de tratamento e eliminação de resíduos também podem criar riscos à saúde e para o ambiente quando essas estruturas sanitárias não são operadas de maneira apropriada. Durante o processo de compostagem não é possível remover os metais pesados provenientes da matéria orgânica ou de contaminantes, resultando assim, em um composto prejudicial à saúde (Domingo & Nadal 2009). O processo de incineração, por sua vez, é frequentemente associado à poluição do ar e ao lançamento de poeiras e cinzas no ambiente (Guyer 2011). A reciclagem também pode trazer riscos à saúde, principalmente, para os trabalhadores, que estão diretamente expostos a substâncias químicas (Rushton 2003).

Os resíduos descartados diretamente em rios, lagos e mares provocam a poluição desses recursos naturais através de substâncias tóxicas e acabam por alterar cadeias alimentares e ecossistemas. Os projetos de aterros sanitário mal elaborados também podem vir a trazer consequências negativas aos corpos d'água, uma vez que AS localizados nas proximidades de rios, lagos, mares e lençóis freáticos podem provocar a poluição quando ocorre vazamento de lixiviado (Hoorweg e Bhada-Tata 2012). Além de contaminar as águas, os AS mal geridos podem contribuir para a proliferação dos vetores de doenças.

Os resíduos podem causar efeitos indesejados por diversos meios de contaminação, seja biológica, química, mecânica, física ou pode, até mesmo, causar mal-estar psicológico (Hanks 1967). Nos subitens a seguir são apresentadas objetivamente as principais doenças, descritas na literatura científica, passíveis de serem transmitidas através de vetores, do lixiviado, do ar e do solo contaminados pelos RSU.

2.4.1 Doenças transmitidas por vetores

As doenças transmitidas por vetores, são aquelas que dependem da intervenção de um vetor, ou seja, um ser vivo que possa transmitir um agente infectante. Esses agentes infectantes podem ser parasitas, protozoários, bactérias, fungos ou vírus, desde que sejam capazes de infectar um segundo organismo (WHO 2014a).

Os vetores de doenças, podem ser classificados em dois tipos principais: vetores biológicos e vetores mecânicos. A diferença entre vetores biológicos e mecânicos é que no primeiro grupo o agente infectante obrigatoriamente passa por uma fase de desenvolvimento do seu ciclo

evolutivo no interior do vetor. Diferentemente dos biológicos, os vetores mecânicos apenas transportam os agentes infectantes, não ocorrendo nenhuma fase de desenvolvimento do agente causador da doença (Cunha 2013). No Quadro 3 indicam-se alguns vetores de doenças e suas respectivas doenças possíveis de serem causadas relacionadas com os resíduos.

Quadro 3 - Doenças causadas pelos resíduos e seus respectivos vetores e agentes infetantes

Vetores	Agentes infetantes	Doenças
<i>Aedes aegypti</i> (mosquito)	Vírus: <i>Flavivirus</i>	Dengue
<i>Anopheles</i> (mosquito)	Protozoário: <i>Plasmodium</i>	Malária
<i>Xenopsylla cheopis</i> (pulga)	Bactéria: <i>Yersinia pestis</i>	Peste negra
Roedores	Bactéria: <i>Leptospira interrogans</i>	Leptospirose
Suínos	Protozoário: <i>Taenia solium</i>	Cisticercose
<i>Musca domestica</i> (mosca)	Bactéria: <i>Salmonella typhi</i>	Febre tifoide
<i>Musca domestica</i> (mosca)	Bactéria: <i>Shigella</i> e Protozoário: <i>Entamoeba</i>	Disenteria
<i>Musca domestica</i> (mosca)	Bactéria: <i>Vibrio cholerae</i>	Cólera
<i>Musca domestica</i> e <i>Hippelates</i> sp (mosca)	Bactéria: <i>Chlamydia trachomatis</i>	Tracoma

Dengue

A má gestão de resíduos urbanos pode facilmente contribuir para o acúmulo de água, o que colabora para as condições ideais de reprodução de microrganismos e insetos causadores de doenças (Picinato et al. 2015; Zara et al. 2016). Uma delas é a dengue. A fêmea do mosquito *Aedes aegypti* deposita os ovos em locais com água parada, quando os ovos eclodem se transformam em larvas que em seguida, se transformam em mosquitos. O mosquito (fêmea) se alimenta de sangue e ao picar uma pessoa infetada com o vírus da dengue, ele se contamina, tornando-se assim o vetor. O mosquito contaminado ao picar uma pessoa sadia transmite a dengue (Guzman et al. 2013).

A dengue é uma doença viral sistêmica aguda cujo tempo médio do ciclo varia entre 5 a 6 dias. Durante este período a dengue pode provocar uma série de sintomas clínicos, como febre, dor de cabeça, dor atrás dos olhos, perda do paladar e apetite, manchas e erupções na pele, náuseas e vômitos e muitas dores nos ossos e articulações. Apesar de não fazer parte do quadro clínico comum, a dengue pode ser fatal. Atualmente, ainda não existem agentes antivirais

eficientes para tratar a doença e os esforços para reduzir o foco de transmissão da dengue através do vetor (*Aedes aegypti*) ainda não tem apresentado grande sucesso (Bhatt et al. 2013).

Malária

A malária é uma doença causada por protozoários do gênero *Plasmodium* que contamina o homem através da picada do mosquito (fêmea) *Anopheles*. Durante a picada os microrganismos são transmitidos para o humano através da saliva do mosquito e são alojados no fígado do hospedeiro. Os sintomas da malária são febre e dores de cabeça, mas podem progredir para coma ou morte (Bartoloni & Zammarchi 2012). Assim como no caso do mosquito transmissor da dengue, os mosquitos *Anopheles* proliferam em locais onde encontram água parada, ou seja, sua relação com os resíduos é diretamente proporcional a qualidade do serviço de gestão.

Peste negra

A peste negra, é uma doença infectocontagiosa, provocada pela bactéria *Yersinia pestis*, que é transmitida para o homem através de pulgas infectadas que infestam ratos. Essa doença provocou uma grande epidemia durante a Idade Média, na Europa, quando as condições sanitárias eram extremamente precárias, sendo comum naquela época o acúmulo de resíduos nos centros urbanos. O ambiente sujo e repleto de animais, principalmente ratos, possibilitaram a proliferação de muitas doenças, o que impactou gravemente na saúde pública (Eaton 2015; Velloso 2008).

A peste negra pode se desenvolver em três formas de infecção diferentes, a depender do órgão atingido pela bactéria, podendo ser bubônica, septicêmica ou pneumônica. A peste bubônica afeta as glândulas linfáticas, provocando o inchaço e inflamação dessas áreas. A peste septicêmica ocorre quando a infecção se espalha pelo sistema circulatório. E por fim, se a bactéria atingir os pulmões, o enfermo desenvolve a chamada peste pneumônica, a forma mais preocupante do ponto de vista epidemiológico, já que pode ser transmitida de pessoa para pessoa através de objetos contaminados ou pelo ar (Gottfried 1985). Os sintomas da peste negra são febre alta, calafrios, dor de cabeça, dores no corpo, fraqueza, náusea e vômitos e convulsão.

Ainda nos dias atuais, alguns casos de peste negra são reportados, mas nada comparado com a dimensão em que ocorreu há quase 700 anos atrás. Os casos hoje ocorrem, geralmente, em países pobres, onde o saneamento continua de baixa qualidade.

Leptospirose

A leptospirose é uma doença bacteriana causada pela bactéria *Leptospira* presente na urina de ratos. Na ausência de sistemas de gestão de resíduos ou em sistemas que não são adequadamente conduzidos, os animais divagam por entre os resíduos e por isso essa doença pode ser facilmente disseminada. Os roedores contaminados eliminam a bactéria através da urina, contaminando o solo, a água e também por contato directo com a pele dos humanos (Allan et al. 2015). Os sintomas variam de pessoa para pessoa, porém grande parte dos pacientes apresentam-se com febre alta e calafrios, dor de cabeça, dor muscular, náuseas, vômitos e diarreia (Burriel 2010).

Cisticercose

Em locais onde os RSU não têm a deposição final adequada muitos animais acabam por se alimentar de restos de alimentos contaminados que foram descartados. A cisticercose é uma das doenças que pode ser causadas por este motivo (Valente et al. 2016). Essa doença parasitária é adquirida através da ingestão de alimentos contaminados com ovos de *Taenia solium* e os sintomas são: dores de cabeça, convulsões, transtornos de visão, alterações psiquiátricas, vômitos, infecções na coluna, demência e perda da consciência (Gomes et al. 2008).

Febre tifoide, Disenteria e Cólera

Os resíduos sólidos são os principais responsáveis pelo aparecimento de moscas, devido à grande variedade de matéria orgânica que serve para sua alimentação. As moscas podem estar internamente infetadas por vetores e transmiti-los na comida humana quando a mosca utiliza a

saliva para se alimentar, ou pode carregá-los na área externa do seu corpo, como por exemplo em seus pelos, e ao pousarem sobre alimentos, objetos ou diretamente na pele das pessoas provocam uma infecção (Ogbalu & Douglas 2015). São diversas as doenças que podem ser transmitidas através das moscas domésticas relacionadas aos resíduos, sendo as principais a febre tifoide, a disenteria e a cólera.

A febre tifoide é uma doença infetocontagiosa causada pela ingestão da bactéria *Salmonella typhi* através de alimentos ou água contaminados, o que ocorre com o auxílio de moscas infetadas. Essa doença associada a localidades de baixa renda, onde os serviços de básicos de saneamento são inadequados. O quadro clínico inclui febre alta, dor de cabeça, mal-estar, dor abdominal, falta de apetite, bradicardia relativa, esplenomegalia, manchas rosadas no tronco, obstipação intestinal ou diarreia e tosse seca (MS 2010).

A disenteria é uma doença intestinal que pode ser causada através da infecção direta pela água ou alimentos contaminados ou pelo contato com fezes contaminadas, ou por moscas infetadas com bactérias do tipo *Shigella*, ou por protozoários do tipo entamoeba. Os principais sintomas da disenteria em ambos os casos é diarreia, vômito com sangue, dores abdominais intensas e febre (Mackey-Lawrence & Petri 2011).

A cólera também é uma doença intestinal passível de ser transmitida por moscas que tiveram contacto direto com resíduos sólidos. Essa doença é causada por bactérias *Vibrio cholerae* e os sintomas apresentados pelos pacientes são bastante variados, podendo ser grave ou ausente. O quadro clínico quando sintomático é basicamente a grande quantidade de diarreia aquosa, com duração de alguns dias, com presença de vômitos e câimbras. Nos quadros graves, o utente fica bastante debilitado por conta da desidratação (WHO 2010).

Tracoma

A tracoma é uma doença associada com baixos índices de desenvolvimento humano, sendo frequentemente relatada em localidades onde as condições de vida, no geral, são precárias. Nesses locais, os sistemas de saneamento básico, principalmente relacionados à coleta e deposição final de resíduos, não são eficientes e por isso muitos vetores de doenças estão presentes (Schellini & Sousa 2012). Dois desses vetores são as espécies de moscas *Musca*

domestica e *Hippelates sp*, que podem transportar a bactéria *Chlamydia trachomatis* causadora do tracoma, responsável por infecção nos olhos, podendo resultar em cegueira nos casos mais graves (Oliveira et al. 2012).

2.4.2 Doenças transmitidas pelo lixiviado

O processo de degradação de resíduos é um processo complexo que ocorre em condições aeróbias e anaeróbias, e gera gases e lixiviado. O lixiviado é a porção líquida produzida a partir da decomposição de substâncias contidas nos resíduos sólidos. Por conta do seu alto poder poluidor é responsável por causar uma série de doenças, desde leves até doenças mais graves (Cossu 2013; Forastiere et al. 2011).

A composição do lixiviado depende fundamentalmente das características dos resíduos, principalmente da fração orgânica putrescível (Brennan et al. 2017). Segundo Pohland e Gould (1986) o processo de produção do lixiviado tem início a partir do momento em que resíduos úmidos são acumulados e as bactérias aeróbias começam a estabilizar a matéria orgânica presente, liberando CO₂. Conforme o oxigênio é consumido, os microrganismos aeróbios são substituídos por anaeróbios, ao mesmo tempo em que são gerados os primeiros ácidos voláteis. Com o decorrer das reações químicas, são formados os gases precursores do metano, o pH é reduzido e a concentração de demanda química de oxigênio (DQO) é aumentada. Nas últimas fases de produção do lixiviado os ácidos são convertidos em CH₄ e CO₂, ocorre a redução do DQO e estabilização das atividades biológicas.

O poder poluidor do lixiviado depende da composição dos resíduos, da quantidade de água disponível e do clima do local (seco ou úmido), que juntos determinam a concentração e o volume do lixiviado (Wang 2013). O movimento realizado pelo lixiviado vai de encontro com o solo e, principalmente, com os corpos d'água superficiais e subterrâneos (Mishra et al. 2016). Os contaminantes do lixiviado que podem causar impactos negativos na saúde podem ser divididos basicamente em: matéria orgânica e matéria inorgânica, neste grupo inclui-se os metais pesados, como zinco, cobre e chumbo (Aziz & Mojiri 2015).

Na Figura 15 apresenta-se um esquema que representa as vias de contaminação do lixiviado até as águas subterrâneas e aos seres humanos.

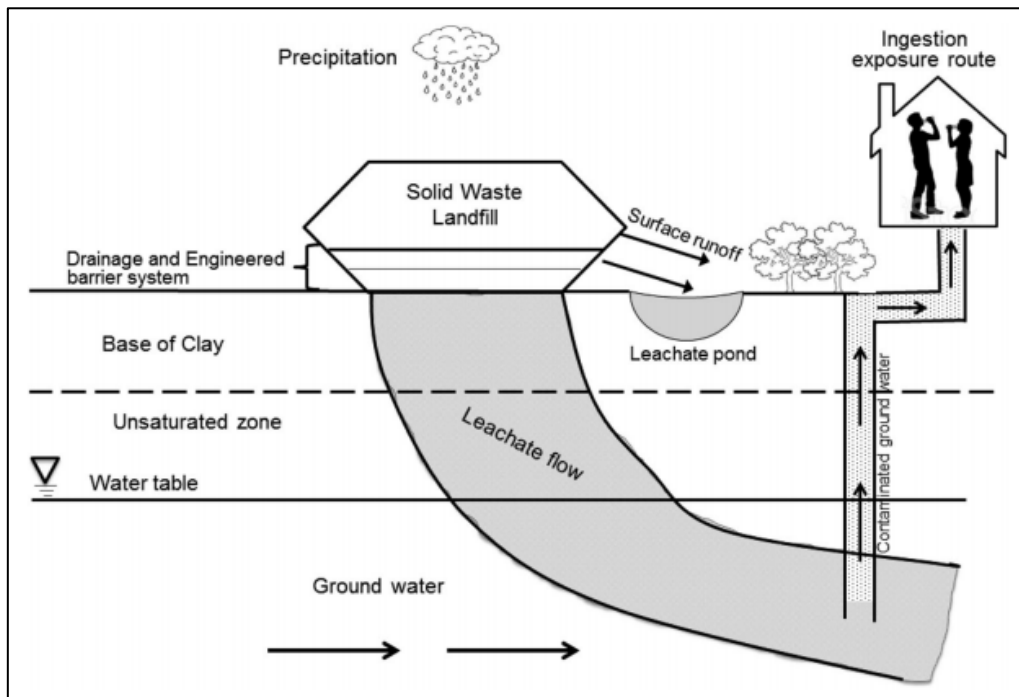


Figura 15 - Migração do lixiviado para águas subterrâneas e contaminação até os humanos

Fonte: Mishra et al. 2016

A matéria orgânica presente no lixiviado é composta por matéria orgânica dissolvida (MOD) que possui por uma série de compostos orgânicos estruturalmente diferentes, que vão desde carboidratos e proteínas até componentes mais resistentes conhecidos como materiais húmicos e fúlvicos e os compostos orgânicos xenobióticos (XOCs). Os XOCs são considerados tão perigosos para saúde humana quanto os metais pesados (Slack et al. 2005).

Mais de 200 compostos orgânicos são frequentemente identificados em lixiviados, e no geral essas substâncias são tóxicas, corrosivas, inflamáveis, reativas, cancerígenas, teratogênicas, mutagênicas e ecotóxicas, portanto o contacto com os XOCs impactam gravemente na saúde pública. Dentre os compostos que possuem tais características estão os aromáticos clorados, hidrocarbonetos clorados e não clorados, compostos contendo nitrogênio, etoxilatos de alquilfenol e fosfatos de alquilo. (Slack et al. 2005).

Excetuando-se os metais pesados, a matéria inorgânica ou macronutrientes inorgânicos, são responsáveis por contaminar, principalmente, o solo e seus efeitos serão abordados no subcapítulo 2.4.4. Já os metais pesados são muitas vezes considerados os contaminantes mais

preocupantes do lixiviado, isso porque são frequentemente associados com doenças graves, como câncer, por exemplo (Jaishankar et al. 2014). Os metais pesados são provenientes de atividades industriais, detergentes, tintas, baterias, produtos farmacêuticos, resíduos eletroeletrônicos, pesticidas, além de muitas outras fontes (Mohan & Gandhimathi, 2009). No Quadro 4 apresentam-se os metais pesados mais comuns de serem encontrados em lixiviado.

Quadro 4 - Metais pesados mais recorrentes em lixiviados

Metal	Símbolo
Cádmio	Cd
Zinco	Zn
Cobre	Cu
Cromo	Cr
Níquel	Ni
Chumbo	Pb

Fonte: Kjeldsen et al. 2002

Os metais pesados quando entram em contacto com água são facilmente absorvidos por seres vivos e impactam de maneira irreversível nos ecossistemas aquáticos. Para além dos impactos diretos nos ecossistemas, os humanos quando se alimentam desses animais contaminados acabam por ingerir também os metais pesados, que são rapidamente absorvidos e acumulados pelo organismo (Aziz 2015). Seguidamente, descrevem-se os efeitos negativos mais relevantes para saúde pública relacionados com os metais pesados citados no Quadro 4.

Cádmio

Segundo a Agência de Proteção Ambiental (EPA) o cádmio é um metal pesado potencialmente carcinogênico para humanos. Além de câncer, o cádmio pode causar problemas cardiovasculares, defeitos congênitos, doenças do sistema nervoso, no sistema reprodutivo e no sistema respiratório e, finalmente no sistema urinário, onde seus efeitos são bastante graves (ATSDR 2011a).

Zinco

Em comparação a outros metais pesados, o zinco pode ser considerado como tendo baixa toxicidade. Apesar disso, o contacto directo com o zinco através da pele, por inalação ou ingestão em altas concentrações pode causar necrose de células do cérebro (Plum 2010).

Cobre

O cobre não é um metal cancerígeno, porém o contacto em altas concentrações pode trazer consequências negativas para saúde, ainda que consideradas leves. Dentre eles pode-se citar doenças no fígado, danos cerebrais, problemas gastrointestinais e alterações no sistema hematológico (ATSDR 2011b).

Cromo

O cromo pode aparecer no estado sólidos, gasoso ou líquido, sendo que quando está presente em sedimentos de água é a sua forma mais persistente, devido a sua alta solubilidade. Esse metal é altamente tóxico e carcinogênico e a exposição a compostos de cromo provoca úlceras na pele com cicatrização bem lenta, além de induzir a danos irreversíveis no ADN (Jaishankar et al. 2014).

Níquel

Poucos estudos sobre os efeitos do níquel na saúde humana estão disponíveis na literatura científica. Segundo PHE (2009) o contacto com o níquel, via inalação ou ingestão, pode resultar em náuseas, diarreia e dores de cabeça.

Chumbo

Dentre todos os metais pesados citados nessa seção do trabalho, o chumbo é o mais preocupante, já que é extremamente tóxico e um provável causador de cânceres em humanos (ATSDR 2011c). A sua utilização em larga escala nas últimas décadas causou grandes contaminações ambientais e impactos na saúde pública. A contaminação por chumbo pode causar sintomas de dor de cabeça aguda, irritabilidade e vários sintomas relacionados ao sistema nervoso, insônia e agitação. As crianças podem ser afetadas por distúrbios comportamentais, dificuldades de aprendizagem e concentração (Haileslassie & Gebremedhin 2015).

2.4.3 Doenças transmitidas pelo ar

Durante quase todas as etapas do sistema de gestão de resíduos são gerados gases que são emitidos para o ambiente. Muitos desses gases, comprovadamente, provocam uma série de efeitos negativos ao ambiente e, também, para os seres humanos.

O processo de recolha e transporte de resíduos urbanos é realizado com o auxílio de camiões compactadores, os quais emitem gases CO₂ durante seu percurso. Os índices de emissão nestas etapas do sistema não são considerados muito relevantes, por esta razão não existem estudos específicos sobre seus impactos. As duas etapas mais relevantes dos sistemas de resíduos mais significativos para o estudo de doenças transmitidas pelo ar são a incineração e a deposição final em aterro sanitário.

A incineração controlada de resíduos, como forma de tratamento, é capaz de emitir muitos poluentes pelo ar, o grupo que merece maior atenção por conta do seu poder poluidor é o de compostos orgânicos persistentes, ou dioxinas. As dioxinas são: dibenzo-p-dioxinas policloradas, dibenzofuranos policlorados e bifenilos policlorados. Esses compostos são bastante tóxicos, e o contacto directo com eles está relacionado com doenças como linfoma não-Hodgkin e sarcomas de tecido mole (Giusti 2009).

Como explicado no subitem anterior (4.3.2), durante o processo de degradação dos resíduos urbanos em aterros sanitários são formados alguns gases poluentes, os principais são: CO₂, CH₄,

NO_x, CO e SO₂ (Forastiere et al. 2011). Dentre esses gases, os quatro primeiros são gases cujas emissões provocam o efeito estufa.

Os gases dióxido de carbono: CO₂, metano: CH₄, óxido nitroso: NO_x e monóxido de carbono: CO provocam de forma direta problemas respiratórios, como por exemplo asma (Giusti 2009; Palmiotto et al. 2014; Perez et al. 2006), além disso tem contribuição de forma indireta na saúde humana através do efeito estufa, já que o efeito estufa tende a aumentar a temperatura global, altera ecossistemas, deteriora a qualidade do ar e da água potável (Benestad 2017). Os eventos provocados pelo efeito estufa acarretam em doenças respiratórias, alergias, infecções e doenças sazonais.

O SO₂, dióxido de enxofre, é um gás considerado bastante prejudicial à saúde humana e ao ambiente. O dióxido de enxofre pode prejudicar o sistema respiratório nos humanos e conseqüentemente dificultar a respiração, além provocar doenças adicionais relacionadas com os danos nos pulmões (EPA 2017).

Para além das doenças causadas pela emissão de gases, algumas doenças relacionadas com os RSU podem ser transmitidas pelo ar, como é o caso de alergias, por conta de partículas e pó projetados ao ar. O contacto com poeiras também pode provocar infecção, já que estas contêm bactérias e esporos fúngicos (Nicell 2009; Rushton 2003). Somado a essas doenças, alguns autores descrevem que o intenso odor proveniente dos resíduos pode causar dores de cabeça na população que vive nas proximidades de estruturas sanitárias para tratamento e deposição de resíduos (Lima 2013; Pollard et al. 2006).

2.4.4 Doenças transmitidas pelo solo

O solo é fundamental para a saúde humana (Wall et al, 2015). As propriedades do solo influenciam a qualidade nutricional dos produtos agrícolas produzidos nesse solo e o solo fornece uma grande quantidade de serviços ecossistêmicos, incluindo a purificação do armazenamento de água (Brevik et al, 2017). Os benefícios para a saúde humana estão relacionados às interações complexas entre microrganismos, animais e plantas, e o acúmulo de contaminantes no solo tem potencial para afetar a biodiversidade e as funções do ecossistema fornecidas pelo solo, podendo afetar indiretamente a saúde humana (Aziz et al. 2010).

Em locais onde os resíduos têm deposição final de forma inadequada, ou mesmo quando as barreiras de aterros sanitários não são devidamente eficientes, o lixiviado atravessa e acaba por contaminar o solo, principalmente, com metais pesados, matéria inorgânica e microrganismos patogênicos (Wiszniewski et al. 2006).

O solo pode ser contaminado com metais pesados a partir de três fontes associadas com RSU: (1) através do lixiviado, (2) com a utilização do produto resultante do processo de compostagem e (3) com a deposição de cinzas provenientes da incineração (Butt et al. 2009; Butt et al. 2014; Chang & Wang 1996; Domingo & Nadal 2009; Giusti 2009; Pan et al. 2013).

A contaminação por metais pesados no solo provoca o desequilíbrio de ecossistemas e altera a qualidade do solo, afetando a fertilidade do mesmo e a produção de vegetais que serviriam de alimento para os seres humanos. Os metais pesados mais encontrados no solo são cádmio, chumbo e cromo. Os metais pesados presentes no solo contaminam frutas, plantas e animais, concentrando-se ao longo da cadeia alimentar e atingindo por fim o corpo humano (Jaishankar et al. 2014). Seus efeitos na saúde humana foram descritos anteriormente no subitem 4.3.2

Os compostos químicos inorgânicos provenientes de RSU e encontrados nos solos, geralmente, são: cálcio (Ca), magnésio (Mg), sódio (Na), potássio (K), amônia (NH₄), ferro (Fe), manganês (Mn), cloro (Cl⁻), fósforo (P), bicarbonato (HCO₃⁻) e nitrogênio (N) (Kjeldsen et al. 2002). Destes, os principais que afetam negativamente o ambiente e a saúde são amônia, ferro e cloro, esses compostos alteram as características físico-químicas do solo, ou seja, seus efeitos são indiretos na saúde humana.

Além das doenças causadas pelo contacto com metais pesados e os efeitos indiretos causados pelos compostos químicos inorgânicos, o solo contaminado pode ser responsável por transmitir doenças de origem microbiana como giardíase, salmonelose, ascaridíase e amebíase, por exemplo. As doenças transmitidas através do solo ocorrem basicamente por duas vias principais, sendo elas a ingestão de alimentos contaminados e o contacto direto com o solo contaminado.

A seguir apresenta-se um breve resumo sobre cada uma dessas doenças.

Giardíase

A giardíase é uma doença causada pelo protozoário *Giardia lamblia*. Essa doença se dá via transmissão fecal-oral e sua prevalência é alta em países onde o sistema de saneamento é ineficiente, incluindo a falta de coleta de resíduos e deposição inadequada (Giusti 2009; Santos 2008). A transmissão dessa doença relacionada com resíduos sólidos se dá quando ocorre ingestão de alimentos que foram cultivados em solo contaminado nas proximidades de locais para deposição de resíduos. Os sintomas da giardíase incluem: cólicas abdominais, flatulência, náuseas e diarreia aquosa.

Salmonelose

A salmonelose é outra doença transmitida pela ingestão de alimentos cultivados em solo contaminado ou pelo contacto direto com o solo. O agente causador dessa doença é a bactéria *Salmonella entérica*, e causa diarreia intensa (Cardoso & Carvalho 2006).

Ascaridíase

A ascaridíase é provocada pela ingestão de alimentos contaminados com os ovos do parasita *Ascaris lumbricoides*. A contaminação ocorre quando as condições de saneamento e de higiene são precárias. Os sintomas mais comuns são: tosse seca, irritação brônquica, dificuldade respiratória, febre, dor abdominal, flatulência, cólica, diarreia, náuseas, vômito e presença de vermes nas fezes, podendo em alguns casos ser fatal (CDC 2016; Prüss-Ustün et al. 2016).

Amebíase

A amebíase é uma infecção que se dá pelo parasita *Entamoeba histolytica* e acomete o intestino e o fígado do enfermo. Essa doença é bastante comum em locais onde o sistema de gestão de resíduos é precário, e, portanto, a população e os alimentos acabam ficando expostos à contaminação fecal. Os sintomas da amebíase são: mal-estar abdominal leve, disenteria, febre, calafrios e diarreia sanguinolenta (Weber et al. 2016).

2.5 Controlo da qualidade do serviço em resíduos sólidos

A população possui necessidades básicas e é responsabilidade do estado garantir que os serviços sejam oferecidos de forma eficiente para todos. Dentre os serviços necessários que asseguram o bem-estar e a satisfação da sociedade pode-se citar transporte, abastecimento de água, sistema de recolha e tratamento de águas residuais, eletricidade e a recolha e tratamento de RSU (Silva et al. 2015).

A garantia da qualidade do sistema de gestão de resíduos sólidos constitui elemento essencial das políticas de saúde pública, já que a saúde do homem pode ser afetada pelos resíduos sólidos por contato direto ou indireto, que pode ser originado através da contaminação por substâncias de natureza variada contidas nos próprios resíduos ou por meio de micro e macrovetores (Ribeiro & Lima 2000). Dentre os macrovetores estão os roedores, insetos, parasitas, aves e outros animais, além dos próprios trabalhadores, que entram em contato com os resíduos e, portanto, também podem ser considerados macrovetores. Já os microvetores são, principalmente, vermes e microrganismos como bactérias, fungos e vírus (Garcia & Zanetti-Ramos 2004; Ribeiro & Lima 2000). Além das patologias que podem ser transmitidas durante a gestão dos resíduos, existe outra questão em destaque tanto para a saúde quanto para o ambiente, que são as emissões de poluentes líquidas e gasosas provenientes da degradação da matéria orgânica depositada nos aterros (Gouveia 2012). Os impactos ambientais destes tipos de emissões dependem, fundamentalmente, do tipo de resíduos levados ao aterro, das características geológicas do local de implantação e da tecnologia aplicada (Lupatini 2002).

Uma maneira bastante favorável para garantir que os sistemas de resíduos funcionem de forma satisfatória é com a regulação do setor dos resíduos, com a elaboração de leis e normas que estabelecem diretrizes e objetivos a serem atingidos. Em Portugal, por exemplo, a entidade responsável pela regulação dos setores de água, águas residuais e de resíduos sólidos é a Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (ERSAR). A ERSAR desenvolveu algumas ferramentas para avaliação a qualidade do serviço prestado, incluindo relatórios anuais e pesquisas com os usuários, visando promover maior eficiência do sistema (ERSAR, 2012).

Contudo, estas diretrizes não são suficientes para evitar ou controlar os perigos oferecidos pelos sistemas, surgindo a necessidade de desenvolver uma ferramenta nova, como o PSRS.

O desenvolvimento de um PSRS ainda está na sua fase inicial de estudos. A metodologia da sua estruturação pode seguir as recomendações emitidas pela Organização Mundial de Saúde (OMS) para o estabelecimento de manuais de planos de segurança para águas de abastecimento (WHO 2011; Bartram et al. 2009), onde a análise e gestão de riscos em sistemas de abastecimento de água para consumo humano são tratados de forma sistêmica desde a fonte até ao consumidor final. Para que o sistema funcione de maneira otimizada são estabelecidas metodologias de avaliação, monitorização e gestão de riscos, que priorizam a segurança da saúde pública, através de uma fiscalização efetiva da qualidade da água quanto às origens, estações de tratamento e sistema de distribuição (Vieira 2011; Vieira et al. 2011; Vieira & Morais 2005).

Atendendo aos impactos causados pela forma como atualmente se realiza a gestão dos resíduos sólidos, torna-se relevante a elaboração de um plano para fiscalização e segurança a ser implementado durante todas as etapas do sistema de gestão de resíduos, que compreenda e contorne a vulnerabilidade dos sistemas a potenciais contaminações e dê contributos para o estabelecimento de medidas preventivas e ações necessárias para garantir a segurança destas infraestruturas sanitárias.

Nas últimas décadas registaram-se grandes progressos na área do projeto, em recomendações construtivas e em metodologias de operação e monitorização de aterros sanitários com o objetivo de minimizar perigos e eventos perigosos, visando altos níveis de confiança das populações vizinhas. No entanto, a implantação de medidas para o seu efetivo controlo pressupõe que se dedique uma atenção especial a diversos fatores, nomeadamente, deficiências de ordem técnica, produtos químicos emergentes e microrganismos patogênicos presentes nos resíduos sólidos urbanos (domésticos e industriais), bem como o nosso conhecimento científico referente aos seus impactos e persistência no ambiente.

O presente trabalho de pesquisa tem como objetivo geral a abordagem inovadora da análise e avaliação de riscos para a saúde pública e para o ambiente associado aos resíduos sólidos, procurando-se, especificamente, estabelecer um quadro conceitual para o desenvolvimento de um PSRS. Esta abordagem, tendo como grande vantagem a sua aplicabilidade tanto a sistemas tecnologicamente avançados como a sistemas mais simples e com menos tecnologia disponível, pode induzir uma melhoria na gestão e controlo dos riscos.

No desenvolvimento prático do projeto foram incorporadas informações recolhidas da experiência do PSA e PSS, tentando uma abordagem comparada e complementar com os riscos para a saúde pública e para o ambiente que foram verificados em duas empresas de gestão de resíduos em Portugal.

CAPÍTULO 3. RISCO. ASPECTOS CONCEPTUAIS

3.1 Definição do risco

Diversos institutos, guias, normas técnicas e autores já definiram o conceito do risco. Uma dessas definições afirma que um risco depende da combinação entre a probabilidade da ocorrência de um evento e a severidade das suas consequências (Broder & Tucker 2012; ISO 2009; LaGrega et al. 2010; Scheer, et al. 2014). Os eventos podem ter consequências positivas, negativas ou podem ser apenas um desvio de uma situação esperada, contudo, em geral, quando refere-se a risco no sentido de segurança entende-se que o risco somente é negativo (Hopkin 2017).

Quase todas as atividades realizadas pelo homem estão acompanhadas de potenciais riscos à integridade física dos colaboradores, dos equipamentos e patrimônio das empresas e do ambiente. Por estas razões faz-se necessário o entendimento quanto aos conceitos relacionados ao risco e, principalmente, de avaliação e gestão do risco, que ajudam a compreender os prováveis eventos perigosos, suas consequências e como evitá-los e/ou controlá-los quando necessário (Cameron & Raman 2005; Kendrick 2015; Proag & Proag 2014).

As situações de risco sempre existiram, contudo, nos últimos tempos tem-se dado maior atenção as estas situações, devido ao fato de os direitos trabalhistas serem assegurados com maior afinco pelo Estado, procurando-se garantir que os profissionais trabalhem em melhores condições e em segurança, além de evitar acidentes de trabalho, doenças profissionais e atividades que provoquem desastres ambientais. Deve-se ter em mente que, o desenvolvimento de equipamentos e tecnologias é directamente proporcional à necessidade por profissionais qualificados, o que significa que o risco próprio de determinados equipamentos depende do seu manuseio, sendo assim, os profissionais também podem vir a se tornar um fator de risco para a empresa e seus componentes (PMI 2008).

Uma vez que eventos perigosos podem provocar prejuízos financeiros, danos ao ambiente e à saúde pública, muitos estudos têm sido realizados com o propósito de otimizar as ferramentas que possam prever os possíveis eventos indesejados, além de estabelecer os procedimentos e métodos que devem ser cumpridos para este fim. Com a utilização dessas ferramentas, espera-se que sejam promovidos o controlo e a prevenção de eventos perigosos que possam acometer

a empresa ou que sejam provocados pela mesma e que afetem a comunidade (Proag & Proag 2014).

Atualmente existe uma série de ferramentas que identificam perigos e eventos perigosos e auxiliam na avaliação dos mesmos. A aplicação de tais ferramentas requer a compreensão de diversos conceitos que estão envolvidos no processo de avaliação do risco. No sentido de estabelecer uma concordância de ideias, apresenta-se no Quadro 5 conceitos essenciais para o prosseguimento dos estudos sobre o processo de gestão dos riscos.

Quadro 5 - Principais conceitos envolvidos no processo de análise e avaliação do risco

Perigo	Agente capaz de causar danos e ameaçar a integridade física de pessoas, de propriedades ou do ambiente, não sendo levado em consideração a probabilidade de o perigo vir a causar impactos negativos (EPA 2011; Scheer et al. 2014)
Tipos de perigo	Agentes de perigos podem ser classificados de acordo com a sua natureza, como: físico, químico, biológico ou radiológico
Evento perigoso	Consequência indesejada que se dá através dos agentes de perigo e que pode vir a provocar danos para o ambiente, saúde pública ou estruturas físicas
Risco	O conceito de risco envolve dois conceitos distintos: a probabilidade da ocorrência de um evento e a severidade das suas consequências, que devem ser levados em consideração para determinar o plano de redução do risco. (Broder & Tucker 2012; ISO 2009; LaGrega et al. 2010; Scheer, et al. 2014)

Hoje, mais e mais pessoas estão preocupadas com os riscos para a saúde e para o ambiente e estão cada vez mais exigentes quanto as soluções, não somente para a geração atual, mas também para as gerações futuras. Segundo a Organização Mundial de Saúde é necessário identificar e avaliar os riscos para saúde em todos os sistemas, para assim, conseguir prevenir doenças e lesões. No que diz respeito ao ambiente, a Environmental Protection Agency (EPA - Agência de Proteção ao Ambiente) se posiciona a favor de uma rigorosa avaliação do risco para determinar quão provável é que o ambiente pode ser afetado como resultado da exposição a um ou mais estressores ambientais, como produtos químicos, doenças, espécies invasoras e mudanças climáticas.

A avaliação do risco diz respeito ao processo de comparação entre o nível do risco com os critérios do risco, com a finalidade de determinar se um determinado risco e/ou sua respectiva

magnitude é aceitável ou tolerável para a sociedade e para a empresa (Hopkin 2017; PMI 2008).

As especificações dos procedimentos para realização de avaliação e gestão do risco são encontradas em normas técnicas e disposições legais, sendo as mais importantes atualmente a ISO 31000 de 2009 e a ISO 27005 de 2011. Nestas normas apresentam-se conceitos, procedimentos e ferramentas que devem ser adotados de acordo com as individualidades de cada sistema e cumpridas com rigor, a fim de se obter resultados positivos. Com a evolução da ciência e da tecnologia, hoje é possível controlar, minimizar ou até mesmo eliminar certos riscos e eventos indesejáveis através do processo de gestão do risco (Proag & Proag 2014). Entretanto, mesmo quando bem implementada, a gestão do risco é um processo passível de falhas, já que existem situações imprevisíveis, como, por exemplo, em casos de erros humanos, visto que o comportamento humano nem sempre é constante e racional (Ruppenthal 2013).

3.2 Tipos do risco em ambiente empresarial

Aqui, mais uma vez, a literatura científica apresenta conceitos diversos e até mesmo conflitantes no que se trata da classificação dos tipos dos riscos, o que gera certa confusão conceitual dentre os principais interessados no processo de gestão do risco. Sendo assim, não existe uma forma única que tenha sido especificada como correta para definir os tipos do risco e cada autor utiliza aquela que melhor condiz com seu discernimento e de acordo com cada situação.

Os riscos podem ser de natureza variada e uma classificação bastante utilizada nos dias de hoje divide-os em riscos conhecidos, riscos parcialmente conhecidos e riscos desconhecidos. Os riscos conhecidos são aqueles que ocorreram anteriormente em projetos semelhantes ou que se tem uma ideia clara da sua probabilidade e impacto. Os riscos parcialmente conhecidos são aqueles que os gestores têm uma ideia da probabilidade da sua ocorrência e impacto, porém com grau menor de certeza e, por fim, os desconhecidos são os riscos impossíveis de serem identificados ou estimados (PMI 2008).

Além da classificação apresentada, segundo Hopkin (2017), um autor prestigiado no campo da gestão do risco em ambiente empresarial, os riscos podem ser divididos em quatro grandes categorias, são elas: risco obrigatório, risco puro, risco incerto e risco de oportunidade.

- Risco obrigatório: é o risco relacionado a procedimentos obrigatórios da empresa/organização em questão, dessa forma, são riscos que devem ser avaliados e controlados, mas raramente são evitados.
- Risco puro: é aquele que decorre de eventos onde apenas riscos negativos são possíveis de ocorrer. Para este tipo de risco é necessário definir os níveis de tolerância aceites pela organização.
- Risco incerto: esse tipo de risco refere-se a riscos que não podem ser previstos, isto é, riscos que não podem ser acertadamente calculados dando espaço a situações incertas.
- Risco de oportunidade: é um risco tomado a fim de se obter um retorno futuro positivo para empresa. Este tipo de risco também pode ser chamado de risco especulativo e depende exclusivamente da relação risco *vs* retorno.

Quando o objetivo pretendido consiste em categorizar o risco é essencial apontar também as respetivas fontes causadoras, ou seja, o ambiente responsável por dar origem a uma situação de risco. Dentre os possíveis ambientes, os principais são (Castro 2010):

- Ambiente econômico: os riscos que estão associados ao ambiente econômico dizem respeito aqueles que são originados como consequência de atividades do mercado financeiro de uma empresa, como por exemplo: inflação, depressão e recessão.
- Ambiente político: refere-se aos riscos relacionados com atividades políticas governamentais tanto a nível nacional quanto internacional, inclui-se nesse ambiente leis, negociações e guerras.
- Ambiente social: trata-se de todo risco relacionado, direta ou indiretamente, às atividades desenvolvidas por seres humanos. As alterações nos costumes e nos modos de vida de uma sociedade também podem gerar situações de risco.
- Ambiente físico: os riscos associados ao ambiente físico dependem de fatores como clima, pluviosidade, características geomorfológicas interação entre a fauna e flora e desastres naturais.

Além desses tipos de riscos, existe outra classificação utilizada, a qual também os caracteriza de acordo com o seu local de origem, porém de maneira mais específica. Seguindo-se essa classificação, os riscos são divididos em seis categorias, são eles: os riscos estratégicos, operacionais, relacionados com o mercado, competidores e economia, por exemplo, riscos relacionados à pessoas, causados por fraudes ou profissionais desabilitados, riscos tecnológicos, que são associados à falta de tecnologia adequada, riscos financeiros, ligados aos custos, lucros e perdas de uma empresa, e riscos de conformidade, relacionados à impostos, leis, padrão de qualidade e ética (Sadgrove 2016).

Os riscos podem acometer toda e qualquer esfera da sociedade, a realização da identificação e caracterização eficiente do risco reflete-se em uma melhor compreensão do risco e, portanto, contribui para o processo de gestão do risco. Nos itens 3.3 e 3.4 a seguir são identificados possíveis riscos para saúde pública e para o ambiente relacionados a diversas atividades do homem.

3.3 Riscos para o ambiente

Os riscos para o ambiente envolvem a contaminação de diversos recursos naturais, como o solo, as águas subterrâneas e superficiais e o ar, que por sua vez acabam por afetar, direta e indiretamente, a flora e a fauna (Davoli et al. 2010; Pollard et al. 2006).

Segundo a OMS, 23% de todas as mortes do mundo hoje estão diretamente relacionadas com o ambiente, sendo 3 milhões dessas mortes anuais ocasionadas por conta da exposição a partículas contaminantes do ar. Visando evitar ou controlar tais riscos e suas consequências, foram elaboradas leis e normas técnicas que estipulam limites para os contaminantes químicos no ambiente (principal via de contaminação). Esses valores são atualizados frequentemente conforme surgem novos estudos que mostram novas evidências acerca do poder poluidor do contaminante em questão. Esses estudos tanto podem demonstrar que os poluentes têm poder poluidor menor quanto maior daquilo que se esperava até aquele momento. Nas Tabelas 2 e 3 apresentam-se os limites máximos, praticados atualmente, de metais pesados que podem ser encontrados no solo, e de contaminantes no ar, respectivamente.

Tabela 2 - Principais contaminantes do solo e seus respectivos limites de concentração

Contaminante	Solo concentração máx.
Cd	5,2 mg/kg
Zn	5,1 mg/kg
Cu	2,9 mg/kg
Cr	21 mg/kg
Ni	100 mg/kg
Pb	107 mg/kg
SO ₄ ²⁻	8 mg/kg
Ca	X
Mg	325 mg/kg
Na	X
K	X
Fe	15,9 mg/kg
Cl	4 mg/kg
Mn	636 mg/kg
P	X

X: Não existe limite estabelecido.

TA: tempo de amostragem

Fonte: EPA 2012; WHO 2005

Tabela 3 - Principais contaminantes do ar e seus respectivos limites de concentração

Contaminante	Ar concentração máx.
CO	100 mg/m ³ (TA: 8 horas)
O ₃	100 µg/m ³ (TA: 8 horas)
NO ₂	100 µg/m ³ (TA: 8 horas)
Material particulado (MP)	20 µg/m ³ (TA: anual)
SO ₂	20 µg/m ³ (TA: 24 horas)

Fonte: EPA 2012; WHO 2005

Como já mencionado anteriormente, as várias etapas dos sistemas de resíduos sólidos constituem fontes de riscos para o ambiente, dessa forma, a realização do processo de gestão do risco torna-se uma grande aliada das agências reguladoras do ambiente, empresas de gestão de resíduos, instituições de ensino e a população em geral. Na Figura 16 apresenta-se um esquema com as possíveis vias de contaminação para o ambiente no caso particular de RSU com deposição de resíduos em AS.

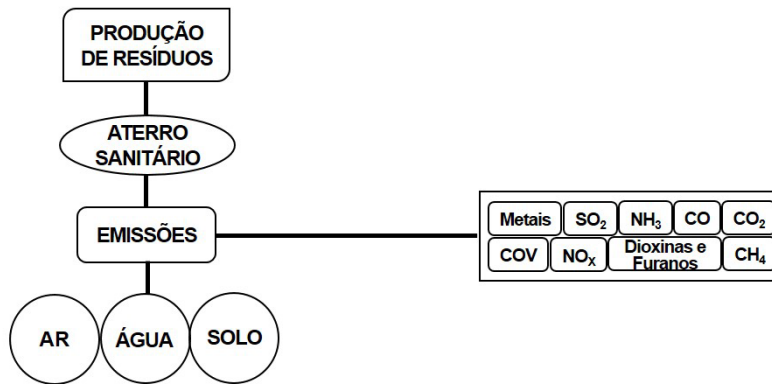


Figura 16 - Rotas de contaminação do ambiente no caso de sistemas de RSU com deposição final em AS

3.4 Riscos para saúde pública

Eventos naturais e atividades humanas resultam em diversos riscos para saúde pública. Dentre os contaminantes responsáveis por consequências de maior gravidade para saúde pública, pode-se apontar os hábitos de vida e consumo, exposição a agentes causadores de doenças e exposição a metais pesados. A Global Burden of Disease (GBD, da sigla em inglês: carga global de doença), um programa da OMS, elaborou um documento com os 20 principais fatores de risco para saúde humana (WHO 2012). Ver Figura 17.

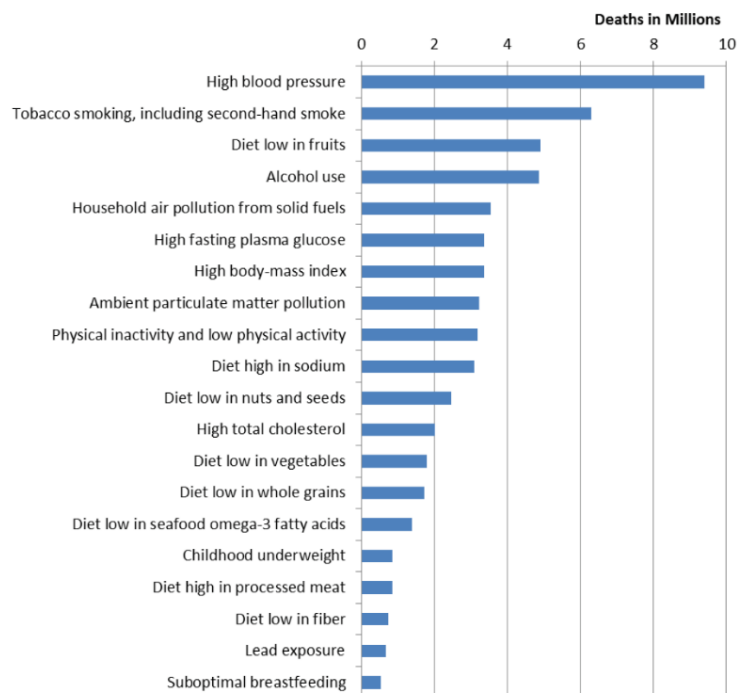


Figura 17 - Os 20 principais fatores de risco para saúde pública

Com o intuito de salvaguardar a saúde coletiva, várias organizações já definiram normas e as concentrações máximas de contaminantes que podem afetar a saúde. Na Tabela 4, apresentam-se os valores de concentração máximos relativamente aos principais agentes biológicos patogênicos e de metais pesados na água para consumo humano (principal via de contaminação do homem).

Tabela 4 - Concentrações máximas de contaminantes em sistemas de distribuição de água para consumo humano

Agente patológico	Concentração máx.
<i>Giardia Lamblia</i>	0
<i>Legionella</i>	0
Coliformes totais	0*
Vírus	0
Metais pesados	Concentração máx.
Cd	0,005 mg/l
Cr	0,1 mg/l
Cu	1,3 ^o mg/l
Fe	0,3 mg/l
Pb	0,015 ^o mg/l
Hg	0,002 mg/l
Tl	0,002 mg/l

*podendo apresentar resultado positivo em menos de 5% das amostras relativamente ao período de 1 mês

Fonte: Oran 2017; Thompson et al. 2007

Os sistemas de resíduos sólidos também oferecem uma série de riscos para a saúde pública, já que as etapas do sistema, principalmente a deposição final em aterros sanitários, podem gerar grande parte dos contaminantes apresentados nas tabelas 2, 3 e 4 além de outros mais. Por esta razão, a gestão do risco torna-se uma ferramenta necessária para órgãos governamentais de saúde, além de empresas de gestão de resíduos, instituições de ensino e a população em geral. Na Figura 18 apresenta-se a continuação do esquema apresentado na Figura 16, e que mostra para além da contaminação do ambiente as possíveis vias de contaminação para o homem a partir de um sistema de RSU com deposição final em AS.

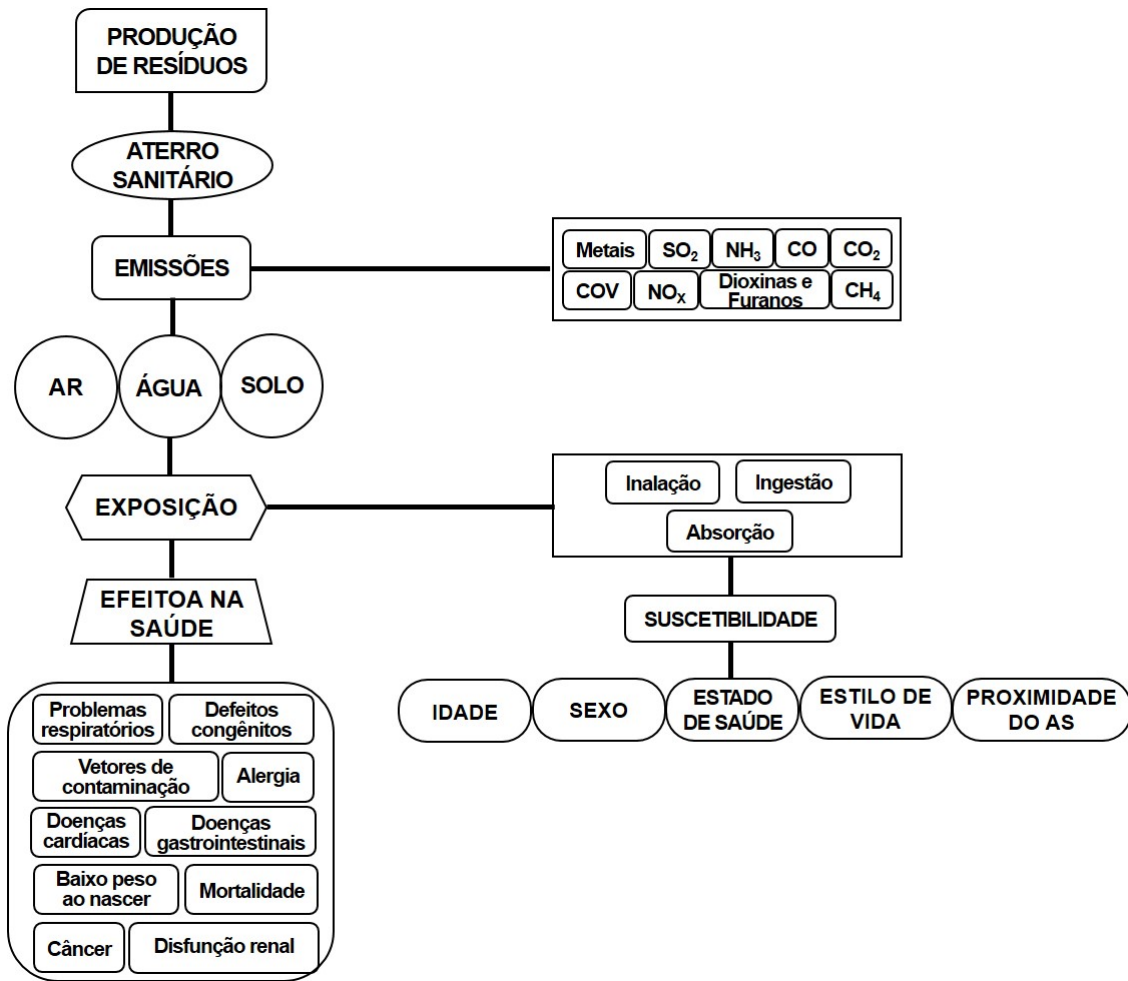


Figura 18 - Esquema diagramático de emissões de um sistema de RSU, vias de exposição e fatores de suscetibilidade do homem

CAPÍTULO 4. GESTÃO DO RISCO

Gestão do risco é um processo sistemático formado por um conjunto de medidas e atividades necessárias para administração dos riscos futuros de um determinado sistema ou projeto (Aven 2009; Irimia-Diéguez et al. 2014). Os riscos e eventos perigosos avaliados por esta ferramenta, podem ser positivos ou negativos, já que a gestão do risco estuda qualquer situação que apresente influência sobre o projeto em questão, independente da sua natureza, podendo este ser identificados dentro ou fora do ambiente da organização (PWC 2008). Este processo é indispensavelmente multidisciplinar e requer a compilação de dados de diversas fontes tanto quanto necessário para uma boa avaliação do cenário, sendo de grande importância, inclusive, os dados socioeconômicos e ambientais das proximidades da empresa em questão (Travis & Bates 2014).

Esta ferramenta necessita ainda de aprimoramentos (Serpella et al. 2014), contudo já é muito utilizada por diversos ramos da ciência e da indústria por ser essencial para uma boa gestão de projetos devido a sua função de identificar, analisar e definir estratégias para lidar com os riscos (Dey 2012). Este processo é composto por diversas etapas que se complementam e que, quando realizadas da forma adequada, conforme estabelecido em guias, fornece um bom alicerce para tomadas de decisão que garantem somente a ocorrência de eventos considerados aceitáveis pelo gestor e pela sociedade (Tohidi 2011).

Assim como o risco, não existe um conceito único estabelecido sobre a gestão do risco, dessa forma, cada organização e instituição de ensino pode determinar o conceito e estrutura de gestão que melhor lhe convém. Abaixo, apresentam-se alguns conceitos de gestão do risco utilizados por diferentes organizações respeitáveis e que, portanto, são hoje aceitos na comunidade científica:

- ISO 31.100: Atividades coordenadas para dirigir e controlar uma organização relativamente ao risco.
- Instituto de gestão do Risco (IRM): Processo que visa ajudar as organizações a entender, avaliar e agir diante de todos os riscos, com o objetivo de aumentar a probabilidade de sucesso e reduzir a probabilidade de falha.

- Escola de Economia da Universidade de Londres: É a seleção dos riscos que devem ser evitados ou mitigados pela empresa, seguidos por ações específicas para evitar ou reduzir os riscos.

No presente trabalho foi levado em consideração uma estrutura de gestão do risco no qual o processo tem início pelas actividades preparatórias, onde é estabelecido o contexto em que será aplicado o processo, sendo necessário definir os parâmetros externos e internos a se ter em consideração quando o risco é gerado e é também nesta etapa onde são definidos o âmbito e o critério do risco para a política de gestão do risco. Em seguida, a etapa a ser realizada corresponde a descrição do sistema, etapa essencial para compreensão do sistema e para a realização das etapas subsequentes, que são: identificação dos perigos e eventos perigosos, análise de risco, avaliação de risco, monitorização operacional e por fim, gestão e comunicação. São seis as etapas da gestão do risco e apesar de todas serem complementares, e, portanto, fundamentais para a realização de um processo bem-sucedido, a análise e avaliação do risco é considerada por muitos como a etapa principal de todo o processo.

Na Figura 19 apresentam-se esquematizadas as etapas que compõem a gestão dos riscos. Posteriormente, nos subitens 4.1 ao 4.6 é realizada a descrição detalhada de cada uma dessas etapas que compõem a gestão do risco na ordem em que devem ser desenvolvidas.

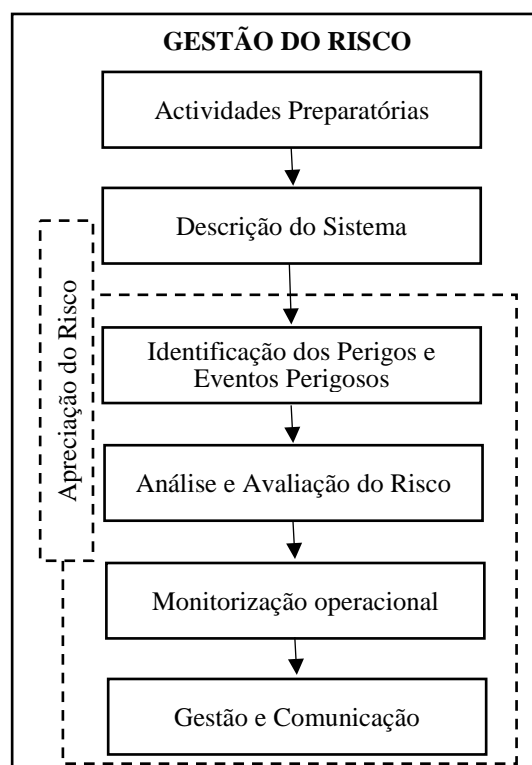


Figura 19 - Etapas da gestão dos riscos

4.1 Actividades preparatórias

Todas as organizações, sejam elas de ordem financeira, governamental ou industrial, possuem metas que devem atingir para concretizar seus objetivos, e para isso utilizam cada vez mais a gestão do risco, que processa todas as informações que influenciam no desempenho do sistema (PWC 2008). Pode-se dizer que o objetivo geral da gestão dos riscos é proteger a organização e seus recursos para que possa atingir seus objetivos ou seja, gerenciar os riscos associados com as suas missões, levando em consideração os custos operacionais e os impactos para a saúde e para o ambiente (Tohidi 2011).

Essa primeira etapa da gestão de risco serve para os gestores desenvolverem o pensamento organizado relativamente ao projeto (Pritchard 2015). Além disso, as actividades preparatórias apresenta grande importância, pois é o momento em que são definidos os objetivos do sistema, incluindo as tarefas que devem ser realizadas e os responsáveis por cada uma delas, os níveis de qualidade, quais processos serão analisados e os critérios que serão utilizados na etapa de avaliação do risco (Aven 2016; Poplin et al. 2015).

As actividades preparatórias envolvem tarefas diversas que podem ser realizadas em simultâneo, de forma isolada ou pode ainda haver a necessidade de serem realizadas mais de uma vez durante o projeto ou mesmo de forma contínua. As tarefas que integram esta etapa inicial da gestão dos riscos dependem exclusivamente do projeto em questão, mas em regra geral, as actividades preparatórias dos projetos podem incluir tarefas básicas como, o desenvolvimento do projeto em si, tarefa esta que inclui o desenvolvimento do plano de gestão, direccionar e gerenciar a execução do projeto e monitorização do projeto (PMI 2008).

Seguido do desenvolvimento do projeto, é necessário estruturar o escopo, ou seja, devem ser determinados os objetivos a serem alcançados pela empresa e as estratégias que serão utilizadas (PWC 2008; Ruppenthal 2013). A definição de um escopo ineficiente ou incorreto pode trazer resultados desfavoráveis, prejudicar o crescimento da empresa e conseqüentemente, acarretar no encerramento das suas actividades.

A próxima tarefa consiste em reconhecer todas as actividades envolvidas no funcionamento da empresa, para tanto é importante considerar a sequência das actividades, estimar os recursos necessários para a realização de cada uma delas e o seu tempo de duração (PMI 2008). Esta

tarefa não precisa ser demasiadamente detalhada, já que na próxima etapa da gestão do risco será realizada a descrição do sistema.

O estabelecimento dos custos do projeto é um elemento essencial para garantir o seu sucesso. Esta tarefa deve iniciar-se durante as actividades preparatórias, contudo, deve permanecer em constante exercício e vigilância a fim de se controlar todos os custos e gastos de acordo com o orçamento determinado inicialmente pelos responsáveis pelo projeto (PMI 2008).

A gestão da qualidade do projeto também tem papel muito importante, pois será futuramente utilizada como critério na avaliação do risco. Aqui, os gestores do projeto devem determinar os níveis de qualidade que devem ser alcançados pela empresa tanto do ponto de vista de segurança, no trabalho, para o ambiente e para o bem-estar da população, quanto de eficiência para a própria empresa (Pritchard 2015).

A última tarefa que geralmente compõem as actividades preparatórias, diz respeito ao estabelecimento de um plano de gestão de recursos humanos. Esta tarefa abrange a seleção dos membros das equipas do projeto e a designação dos responsáveis por cada uma delas (PMI 2008).

4.2 Descrição do sistema infraestrutura

Cada sistema é único e a sua descrição deve ser a mais específica quanto for possível. O método mais utilizado para descrição do sistema é por mapeamento através de diagrama de fluxo que identifica todos os componentes do sistema. Nesta etapa é necessário recolher informações sobre os equipamentos e estruturas utilizados, os produtos que entram e saem e as pessoas envolvidas em cada um dos processos (WHO 2016a).

Além de descrever o sistema infraestrutural com a recolha de informações do sistema e o preparo de um fluxograma que vai da fonte até o consumidor é também necessário inspecionar o sistema para verificar se o fluxograma é realmente preciso e identificar os possíveis problemas de qualidade do produto (WHO 2014b).

Na Figura 20 apresenta-se um exemplo de diagrama de fluxo com diversos componentes de sistemas de drenagem e tratamento de águas residuais desenvolvido e utilizado pela Organização Mundial da Saúde desde 2015.

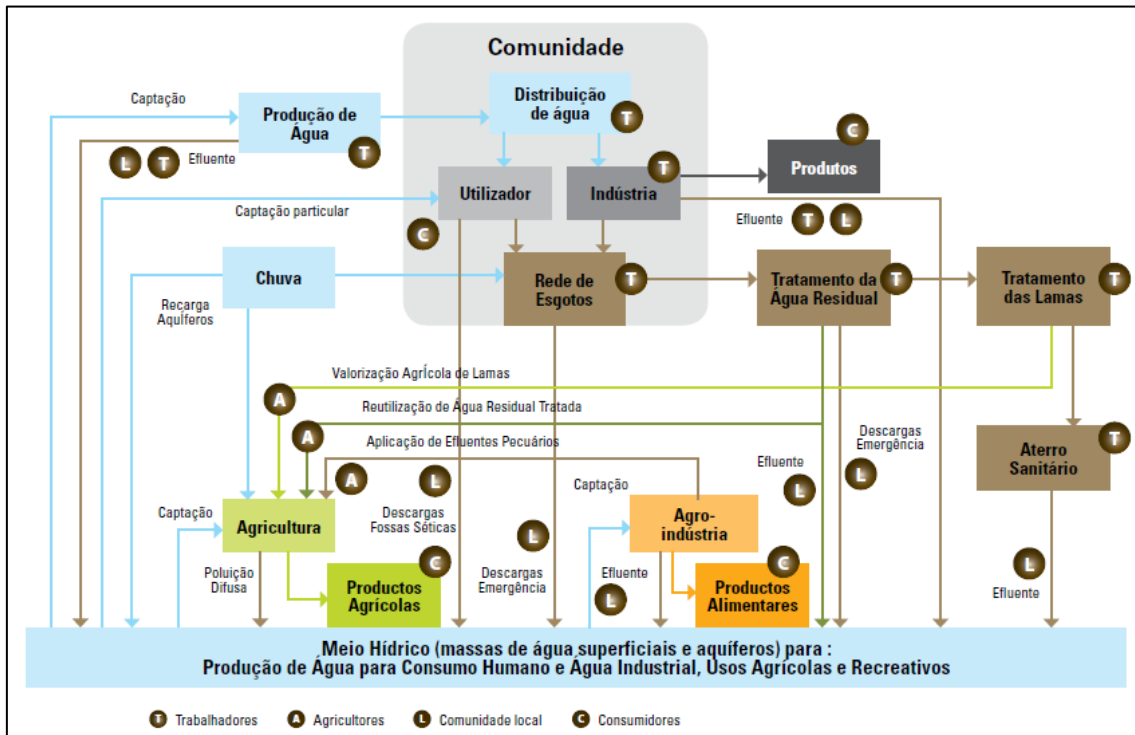


Figura 20 - Exemplo de mapeamento do fluxo de resíduos, Portugal

Fonte: WHO 2015

A descrição do sistema é indispensável para a sua boa compreensão e é essencial para estabelecer os potenciais riscos do projeto. Durante esta etapa os gestores são capazes de determinar o quanto de atenção e esforço devem ser dados a gestão do risco, além do mais, a descrição do sistema é de fundamental importância para a realização das etapas subsequentes (Pritchard 2015).

Uma questão que não deve ser ignorada durante esta etapa, refere-se as variações não controladas, ou imprevisíveis. Essas variações dizem respeito a situações excepcionais, como por exemplo catástrofes ambientais, onde apesar de ser uma circunstância incomum o sistema tem de estar preparado para uma adaptação de urgência com a finalidade de controlar os eventos

com maior potencial de risco para os envolvidos (PMI 2008; WHO 2009; WHO 2016a). Tais sistemas operacionais alternativos também devem estar presentes no diagrama de fluxo que representa todo o sistema.

O conhecimento profundo das normas, políticas e procedimentos permite a identificação dos pontos críticos do sistema, onde os riscos são recorrentes e, portanto, é necessário estabelecer medidas de controlo (PWC 2008). Esta etapa serve de base para a etapa subsequente de identificação dos perigos e eventos perigosos.

4.3 Identificação dos perigos e eventos perigosos

A identificação dos perigos é a etapa que se dedica a identificar e analisar as fontes de perigo que podem ocasionar em impactos no funcionamento do sistema para os trabalhadores, consumidores, comunidade local e agricultores (Jiang et al. 2012). Para realizar a identificação dos perigos devem ser coletados todos os dados disponíveis sobre as características do funcionamento do sistema e dos produtos produzidos; das circunstâncias de funcionamento do sistema, inclusive os dados de impactos ambientais, características geológicas e climáticas da região e status social e econômico da população; e informações sobre eventos perigosos que já ocorreram (He & Wu 2011).

A identificação dos eventos perigosos depende da identificação dos agentes de perigo e os dados precisam ser frequentemente atualizados, já que os riscos podem variar de acordo com as mudanças das condições de funcionamento do sistema (PMI 2008). Nesta etapa do processo o funcionamento do sistema deve ser revisado e devem ser estudados os agentes de perigo, a população exposta, as rotas de contaminação e o período de exposição aos eventos perigosos (Struik et al. 2015).

O processo de identificação dos perigos e eventos perigosos pode ser realizado através de uma série de ferramentas, a seguir são descritas as mais usualmente utilizadas nos diversos segmentos empresariais, industriais, agropecuários e de prestadores de serviço (PMI 2008):

- Revisões de documentação e análises de listas de verificação: as revisões de documentação têm como objetivo final verificar se todas as informações necessárias

sobre o projeto em questão são devidamente precisas e suficientes. Essa ferramenta nada mais é do que a análise dos documentos, planos, premissas, registros e contratos disponíveis, a partir desse estudo pode-se identificar certos tipos de riscos envolvidos no projeto. A falta de documentação ou a documentação imprecisa é um risco por si só e que deve ser submetido a tratamento.

Uma forma recomendada para proceder com a revisão de documentação é através de uma checklist, ou análises de listas de verificação, onde os gestores organizam um guia estruturado, de acordo com as suas preocupações, e, então, dão prosseguimento a verificação dos documentos comparativamente ao guia (Montes 2013). A checklist não deve exigir informações complexas sobre os eventos e suas durações, já que esta é uma ferramenta de baixa precisão que apresenta resultados limitados (Bryman & Bell 2015).

- Técnicas de coleta de informação: as técnicas utilizadas para coleta de informação sobre os perigos e eventos perigosos podem ser o *brainstorming*, a técnica Delphi, entrevistas e pela análise da causa-raiz.

Brainstorming (da tradução literal: "tempestade cerebral") refere-se a uma ferramenta de discussão induzida em grupo, a qual pode ser empregada em todos os segmentos de empresas. Esta ferramenta é utilizada para obtenção de ideias e para levantamento dos riscos conhecidos e prováveis, suas causas e consequências, sendo necessário a participação de uma equipa com conhecimento da organização, do sistema, do processo ou da aplicação a serem apreciados (Shi 2015).

A técnica Delphi foi definida em 1975, por Linstone e Turoff, como um método para estruturar um processo de comunicação em grupo para que o processo seja efetivo e, assim, permita que o grupo de indivíduos, como um todo, possa lidar com um problema complexo (Habibi et al. 2014). Essa técnica utiliza a participação de um facilitador e de especialistas. O facilitador aplica um questionário aos especialistas individualmente, as respostas são resumidas e distribuídas entre todos os profissionais participantes, com a finalidade de, ao final, obter-se resultados menos tendenciosos. Essa técnica garante o anonimato dos especialistas que participam do estudo, iteração dos resultados, feedback controlado e resposta de grupo estatístico (Habibi et al. 2014; PMI 2008).

Entrevista é uma ferramenta que pode ser aplicada em estudos variados e é possível obter resultados de ordem quantitativa ou qualitativa, variando conforme os objetivos do estudo e da forma como este será conduzido. Este é o método mais utilizado em pesquisas qualitativas (Doody & Noonan 2013).

As entrevistas como método de coleta de informação existem em três formas fundamentais, sendo elas as entrevistas estruturadas, semi-estruturadas e não estruturadas. As entrevistas estruturadas são questionários, que geralmente são aplicados cara a cara e onde o entrevistador já possui uma lista de perguntas prontas e o entrevistado não pode em qualquer hipótese fugir desse guia. As entrevistas semi-estruturadas não são tão rígidas e permite que o entrevistado exponha sua opinião sobre o tema em debate, já que neste tipo de entrevista o entrevistador tem a função de apenas guiar o entrevistado. Por último, a entrevista não estruturada, ou aberta, é a mais flexível dentre os três tipos, pois o entrevistado tem praticamente controle total sobre o desenvolvimento do seu pensamento, podendo, inclusive, elaborar sobre várias questões diferentes (Alshenqeeti 2014; Gill et al. 2008). O tipo de entrevista a ser utilizada deve ser determinada de acordo com a necessidade de cada pesquisa.

A análise da causa-raiz também é considerada uma técnica para coleta de informação e o seu princípio é identificar a origem de um problema. A sua realização baseia-se em reconhecer o evento ocorrido, determinar a sua causa e o que deve ser feito para reduzir a probabilidade de que isso volte a acontecer. As causas são, em geral, de natureza organizacional, humana ou física (Domingues 2016).

- Análise das premissas: premissas de um projeto são fatores, ou hipóteses, considerados verdadeiros, apesar de não se ter nenhuma evidência da sua veracidade. As premissas são utilizadas no planejamento do projeto para preencher lacunas de conhecimento que são necessárias para se dar andamento ao projeto. Sendo assim, as premissas são necessárias em situações de incerteza, em que não depende dos gestores a obtenção das respostas, como por exemplo em situação de desastre ambiental, porém, ainda assim, é fundamental considerar algumas hipóteses como verdadeiras para concluir o planejamento. Dessa forma, é importante analisar o risco de as premissas não serem verdadeiras, pois isso trará

consequências negativas para o projeto e, portanto, esse risco deve ser identificado e posteriormente tratado (Montes 2017).

- Técnicas de diagramas: alguns tipos de diagramas são utilizados para o processo de identificação de perigos e eventos perigosos, são eles: diagrama de causa-efeito, diagramas do sistema ou fluxogramas e diagramas de influência.

Diagrama causa-efeito, também conhecido por análise causa-efeito, diagrama de Ishikawa ou diagrama espinha-de-peixe, é uma ferramenta amplamente utilizada que consiste em uma forma gráfica que reúne as possíveis causas de um evento indesejado ou de um problema (PMI 2008; Tague 2005).

Para a realização desta ferramenta é necessário a participação de pessoas com conhecimento e experiência do sistema. Na Figura 21 apresenta-se um exemplo estruturado de um diagrama causa-efeito.

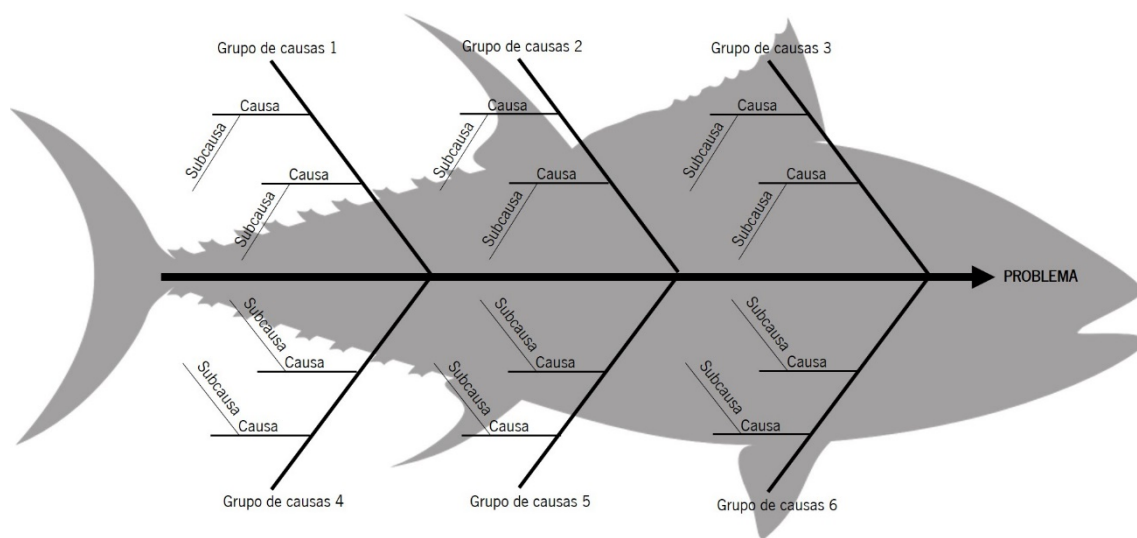


Figura 21 - Estrutura do diagrama causa-efeito

Os fluxogramas (ou diagramas do sistema) são ferramentas gráficas bastante utilizadas para descrever os sistemas e para identificar os perigos. Os fluxogramas representam todas as etapas do sistema, incluindo as atividades, os processos e a ordem em que ocorrem, por consequência, torna-se possível identificar os perigos mais frequentes e também de prever os perigos mais prováveis (PMI 2008).

Diagramas de influência (ver Figura 22) são modelos que permitem identificar e relacionar as influências e dependência entre as diversas variáveis presentes no sistema. Quando esta ferramenta é utilizada com a finalidade de identificar eventos perigosos, geralmente, são elaborados modelos simples de natureza conceptual com o uso de setas entre os perigos, as causas e as suas possíveis consequências. Ao final, o diagrama de influência é capaz de identificar os aspetos que mais impactam nos demais e quais são os mais impactados (Ayyub 2014).

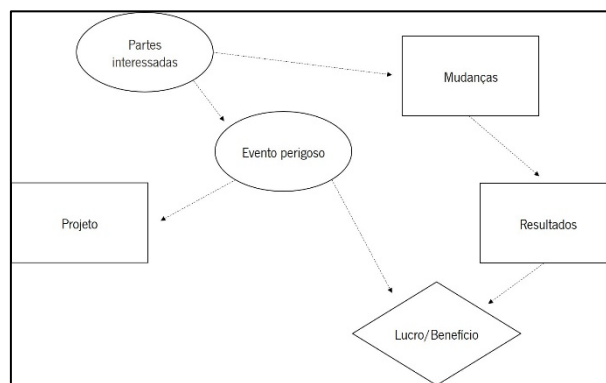


Figura 22 - Exemplo da estrutura de um diagrama de influência

- Análise SWOT: SWOT da sigla em inglês “Strengths, weaknesses, opportunities, and threats” ou análise das forças, fraquezas, oportunidades e ameaças é uma técnica que se concentra em analisar e obter respostas para quatro aspetos específicos da organização, são eles:
 - Quais são os pontos fortes da organização?
 - Quais são os pontos fracos da organização?
 - Quais oportunidades esse projeto apresenta?
 - Quais são as ameaças que este projeto apresenta?

As respostas obtidas por esta análise possibilitam ao gestor do projeto decidir as medidas a serem tomadas de acordo com as descobertas (Pritchard 2015; Sadgrove 2016).

- Opinião especializada: a opinião especializada, como técnica de identificação de perigos e eventos perigosos, pode ser aplicada em toda e qualquer etapa do sistema. Esta análise é também chamada de avaliação por peritos, já que é realizada por pessoal altamente qualificado que avalia de maneira periódica o sistema em questão. A opinião pode partir de especialistas, assim como de associações profissionais e técnicas, grupos industriais, consultores ou até mesmo pelas partes interessadas, como clientes e patrocinadores (PMI 2008).

Os perigos encontrados devem ser agrupados em um registro de perigos, que no início da gestão apresenta apenas uma listagem dos potenciais eventos perigosos. Após a identificação dos perigos, na etapa seguinte de análise e avaliação do risco, é calculada e avaliada a magnitude das consequências para que possam ser definidas as medidas de prevenção e controle dos mesmos.

4.4 Análise e avaliação do risco

Análise do risco é o processo destinado a compreender a natureza do risco e a determinar o nível do risco, ou seja, o potencial dos riscos (Kendrick 2015). Essa análise é feita através do estudo dos elementos dos riscos e é de fundamental importância para a etapa subsequente de avaliação do risco (Ayyub 2014). Para além disso, a análise é capaz de estabelecer todo o cenário do risco e identificar fatores, condições, sistemas, actividades e componentes que estão direta ou indiretamente relacionados com o risco. Mesmo diante de tantas funções e responsabilidades da análise do risco, pode-se dizer que a principal delas é servir de base para a tomada de decisões (Aven 2015).

Já a etapa referente a avaliação do risco é responsável pela qualificação e/ou quantificação dos riscos, para determinar a magnitude de um ou mais eventos, através da combinação das suas consequências e probabilidades (Proag & Proag 2014). Isto é, a avaliação do risco estima quais danos podem ser esperados da exposição a um determinado agente de perigo e determina quais consequências são grandes o suficiente para exigir uma melhoria na gestão (Tohidi 2011; Xia et al. 2014).

A análise e a avaliação do risco são realizadas por intermédio de ferramentas que coletam dados e utilizam uma abordagem integrada que reúne diversos ramos da ciência, como a toxicologia, epidemiologia, engenharia e ciências ambientais e da saúde (Broder & Tucker 2012; Butt et al. 2009). Dependendo do risco, dos dados históricos e dos recursos disponíveis, podem ser utilizadas diversas ferramentas, as quais podem fornecer diferentes graus de detalhe quanto as consequências e probabilidades de um cenário de risco para o sistema em questão. A avaliação do risco pode fazer uso de metodologias de natureza qualitativa, semiquantitativa ou quantitativa (ISO 2009).

As avaliações qualitativas são usadas para priorizar os riscos (Kendrick 2015), não sendo capaz de fornecer resultados concretos ou numéricos, mas em determinadas situações é a opção escolhida pelo gestor do projeto, pois seu resultado é o suficiente para alcançar os objetivos da gestão de risco do sistema (Condor et al. 2011). As principais vantagens em usar esse tipo de avaliação são a facilidade da sua aplicação e o fato de não requerer a presença de profissionais altamente qualificados e *softwares* caros (ISO 2009; Kendrick 2015).

A avaliação semiquantitativa é uma opção para os sistemas que precisam de informações mais detalhadas do que as obtidas em avaliações qualitativas, mas que não tem necessidade de aprofundar os estudos a ponto de realizar uma avaliação quantitativa, que demanda maiores investimentos (WHO 2009). Os resultados da avaliação semiquantitativa são apresentados dentro de uma escala numérica pré-determinada, não sendo em qualquer hipótese um valor concreto (Walls et al. 2016).

Já em sistemas complexos onde existe a necessidade de se avaliar os riscos com maior grau de precisão, deve-se optar pela realização da avaliação quantitativa (Kendrick 2015). As avaliações quantitativas geram resultados mais detalhados e por isso exigem pessoal treinado com conhecimento de todo o sistema, além disso, é necessária a utilização de programas específicos, o que demanda investimentos financeiros e tempo (McNeil et al. 2015). Os resultados são expressos em números e para que este estudo possa ser realizado é fundamental fazer primeiramente a análise e avaliação qualitativa dos riscos (Ayyub 2014; Cooper et al. 2005; Rausand 2011).

Conforme a ISO 27005 de 2011, que estabelece as normas para “Gestão de riscos de segurança da informação”, não existe uma norma que recomenda um método específico para a

realização da avaliação do risco. Contudo, a escolha do método a ser utilizado deve ser determinada de acordo com as variáveis do sistema, com os recursos existentes e o objetivo de cada estudo. Portanto, cabe ao gestor do projeto definir a ferramenta que será aplicada no seu projeto ou sistema.

Nos subcapítulos a seguir, 4.4.1, 4.4.2 e 4.4.3, são apresentadas diversas ferramentas que são usualmente utilizadas nos métodos qualitativos, semiquantitativos e quantitativos, respectivamente, para avaliação dos riscos.

4.4.1 Métodos qualitativos

Este método é frequentemente aplicado nos sistemas onde os riscos são baixos e por isso, o investimento de tempo e recursos para a realização de uma análise mais detalhada não são justificados. Além disso, sua utilização pode ser decorrente de dados insuficientes para uma análise quantitativa (Ayyub 2014) ou ainda para anteceder a avaliação quantitativa, nestes casos os resultados qualitativos são utilizados como um estudo inicial (Nota 2010). A especificidade do resultado dependerá da ferramenta e técnica utilizada, já que a quantidade de elementos que serão analisados pode variar.

As principais ferramentas em análises qualitativas são: *Brainstorming*, Matriz de Consequência e Probabilidade, Análise Causa-Efeito, Lista de Verificação, HAZOP (da sigla em inglês *Hazard and Operability*, que significa Perigo e Operabilidade) e BIA (da sigla em inglês *Business Impact Analysis*, que significa Análise do Impacto no Negócio). A seguir, apresenta-se a descrição destas principais ferramentas:

- “Brainstorming” (que da tradução literal significa “tempestade cerebral”) refere-se a uma ferramenta de discussão induzida em grupo, a qual pode ser empregada em todos os segmentos de empresas. Esta ferramenta é utilizada para obtenção de ideias e para levantamento dos riscos conhecidos e prováveis, suas causas e consequências, sendo necessário a participação de uma equipa com conhecimento

da organização, do sistema, do processo ou da aplicação a serem apreciados (Aven 2015; ISO 2009; Kendrick 2015).

- A matriz de consequência e probabilidade é, provavelmente, a ferramenta mais popular nesta categoria para avaliação de riscos. Esta ferramenta pode gerar dados qualitativos ou semiquantitativos, a depender da forma como os resultados são analisados. Em avaliações qualitativas os riscos são avaliados individualmente e obedecem a escalas nominais, que geralmente caracterizam as probabilidades e consequências dos riscos como: alta; média; e baixa (PMI 2008; Nota 2010), como demonstrado na Figura 23.

Probabilidade de Ocorrência	Impacto		
	Baixo	Médio	Alto
Baixo	Muito baixo	Baixo	Médio
Médio	Baixo	Médio	Alto
Alto	Médio	Alto	Muito alto

Figura 23 - Exemplo de matriz de riscos 3x3

- Análise Causa-Efeito, também conhecido por diagrama de Ishikawa ou diagrama espinha-de-peixe, é uma ferramenta amplamente utilizada que consiste em uma forma gráfica que reúne as possíveis causas de um evento indesejado ou de um problema.
Para a realização desta ferramenta é necessário a participação de pessoas com conhecimento e experiência do sistema. Rever na Figura 21 a estrutura do diagrama causa-efeito (Kendrick 2015; Liliana 2016).
- Listas de verificação são listas desenvolvidas por colaboradores com conhecimento e experiência sobre o sistema. Esta ferramenta, como citado anteriormente, além de avaliar os riscos pode ser utilizada no processo de identificação de perigos e eventos perigosos, tendo aplicação também no processo de monitorização do sistema. A maior desvantagem desse método refere-se à limitação quanto aos perigos/riscos existentes, sendo excludente aos novos eventos (PMI 2008).

- HAZOP ou Análise de Risco e Operabilidade é um método dedutivo para análise de risco que identifica as possíveis situações de risco de um projeto, considerando o funcionamento do sistema e o que pode dar errado. Esta ferramenta é bastante aplicada especialmente em casos onde há substâncias químicas (UNE 2008), principalmente pelo fato de que foi inicialmente elaborada para esse tipo de sistemas, contudo, com o passar do tempo e foram realizadas melhorias nessa técnica, que hoje pode ser aplicada a outros tipos de sistemas e também em operações complexas (Galante et al. 2014).

Esta ferramenta baseia-se no uso de “palavras orientadoras” que acabam por descrever os motivos pelos quais os objetivos do sistema podem não ser atingidos.

Exemplos de palavras orientadoras (ISO 2009):

- Demasiado cedo X demasiado tarde
 - Demasiado longo X demasiado curto”
 - “Sentido errado”
 - “Objeto errado”
 - “Ação errada”.
- BIA ou Análise do Impacto no Negócio, como o próprio nome diz, esta ferramenta é aplicada para avaliar riscos relacionados a questões de ordem financeira. O funcionamento desta ferramenta é baseado em uma análise realizada a partir de entrevistas e aplicação de questionários, que propiciam a reunião de dados suficientes para determinar quais riscos podem prejudicar a empresa, além de determinar os impactos esperados, possibilitando a elaboração de estratégias de contingência (medidas de controlo) (Abu el Ata & Schmandt 2016; ISO 2009).

4.4.2 Métodos semiquantitativos

A avaliação semiquantitativa do risco fornece um nível intermediário entre a avaliação qualitativa (nominal) e a quantitativa (numérica). Esta metodologia de avaliação do risco promove uma abordagem mais consistente e detalhada do que a avaliação qualitativa além de não requerer as mesmas habilidades matemáticas e quantidade de dados exigidas pelas análises quantitativas. Sua aplicação se dá principalmente em situações onde não existem dados disponíveis ou muito

precisos e se tem a finalidade de otimizar a distribuição de recursos de uma organização (WHO 2009).

A principal ferramenta utilizada para análise semiquantitativa é o Método de Matriz de consequência e probabilidade, ferramenta que também pode ser aplicada para análise qualitativa, contudo, aqui são atribuídos valores numéricos para a matriz descritiva (Cooper et al. 2005). As classificações são baseadas em escalas, em uma delas é descrita a estimativa de frequência com que o evento perigoso pode ocorrer, e em uma segunda escala é descrita a severidade das consequências (Ayyub 2014; Vieira & Morais 2005), ver nos Quadros 6 e 7. Em seguida é feito o cruzamento das duas escalas para montagem da matriz de classificação de riscos, como apresentado na Figura 24.

Quadro 6 - Probabilidade de Ocorrência (exemplo de escala, adaptado de WHO 2004)

Probabilidade de ocorrência	Descrição	Peso
Quase certa	Espera-se que ocorra 1 vez por dia	5
Muito provável	Vai acontecer provavelmente 1 vez por semana	4
Provável	Vai ocorrer provavelmente 1 vez por mês	3
Pouco provável	Pode ocorrer 1 vez por ano	2
Raro	Pode ocorrer em situações excepcionais (1 vez em 10 anos)	1

Quadro 7 - Severidade de Consequências (exemplo de escala, adaptado de WHO 2004)

Severidade das consequências	Descrição	Peso
Catastrófica	Letal para uma parte significativa da população ($\geq 20\%$)	5
Grande	Letal para uma pequena parte da população ($< 10\%$)	4
Moderada	Nocivo para uma parte significativa da população ($\geq 10\%$)	3
Pequena	Nocivo para uma pequena parte da população ($< 10\%$)	2
Insignificante	Sem qualquer impacto detectável	1

Probabilidade de Ocorrência	Severidade das consequências				
	Insignificante	Pequena	Moderada	Grande	Catastrófica
Quase certa	5	10	15	20	25
Muito provável	4	8	12	16	20
Provável	3	6	9	12	15
Pouco provável	2	4	6	8	10
Raro	1	2	3	4	5

Figura 24 - Exemplo de Matriz de Riscos Semiquantitativa

Além da matriz de riscos, a segunda ferramenta mais utilizada chama-se Método de William T. Fine, que é um método faz uso de três variáveis, usualmente denominadas de factor consequência, factor exposição e factor probabilidade. Cada variável é avaliada de acordo com uma escala de seis níveis e o resultado da avaliação gera a magnitude do risco. A escala tem variação entre 0.05, que representa uma situação excelente e 10000, correspondente a uma situação péssima. Assim como a matriz, existe uma escala de índice do risco com níveis de prioridade de intervenção (Carvalho 2007).

4.4.3 Métodos quantitativos

A avaliação quantitativa dentre os métodos para avaliação do risco é sem dúvida, aquele que transmite resultados mais exatos que podem, quando bem aplicados, demonstrar com eficiência o que está realmente a acontecer ou os eventos que virão ainda a ocorrer. As avaliações quantitativas podem ser utilizadas em quase todos os tipos de sistemas, tendo sua aplicação mais relevante em situações de crises financeiras, onde resultados numéricos são imprescindíveis (McNeil et al. 2015).

A análise quantitativa somente pode ser realizada após a priorização dos riscos, que são baseadas na análise qualitativa inicial (PMI 2008). Este método é o que melhor especifica a probabilidade de um evento perigoso, pois permite atribuir valores de ocorrência para os vários riscos identificados em um mesmo sistema (Ayyub 2014; Cooper et al. 2005; Rausand 2011). Sendo assim, os estudos quantitativos avaliam os riscos associados com todos os aspectos do sistema, desde a construção e operação até a retirada do serviço. Por essa razão, a avaliação

quantitativa é recomendada quando o projeto necessita de uma visão global da probabilidade dos riscos (Nota 2010).

Esta metodologia é mais complexa, portanto necessita de maiores investimentos para sua realização, incluindo uma maior base de dados históricos, o que diminui os índices de incerteza da análise (Nota 2010). O resultado final desse modelo de análise é dado principalmente na forma de uma curva de risco e das incertezas associadas, podendo também aparecer em forma de matriz, dependendo da ferramenta e técnica matemática escolhida para calcular os impactos dos riscos (Rausand 2011).

São inúmeras as ferramentas que podem ser utilizadas para obtenção de resultados quantitativos, muitos estudos afirmam que os mais utilizadas são: FMEA (da sigla em inglês *Failure Mode and Effect Analysis*, que significa Análise de Modo e Efeito de Falha), HRA (da sigla em inglês *Human Reliability Analysis*, que significa Avaliação da Fiabilidade Humana), HACCP (da sigla em inglês *Hazard Analysis and Critical Control Point*, que significa Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle), Simulação de Monte Carlo e Modelo de Markov. Estas ferramentas são explicadas com maiores detalhes a seguir:

- FMEA ou Análise de Modo e Efeito de Falha é uma ferramenta destinada a identificar as possíveis falhas e riscos de e para pessoas, equipamentos, ambiente e objetivos da organização durante a fase de projeto ou durante o funcionamento do sistema. A ferramenta FMEA pode ser adaptada para cada fase do sistema em que for requerida sua implementação (Ayyub 2014; PMI 2008).
- HRA ou Avaliação da Fiabilidade Humana é uma ferramenta criada para quantificar os erros humanos, as influências dos mesmos no funcionamento do sistema, e compreender as causas dos erros a fim de evitar novas ocorrências. Em suma, esta avaliação é baseada em três objetivos gerais: (1) identificar o erro, (2) quantificar a fiabilidade humana (quantificação das probabilidades de erro) e (3) analisar a redução de erros (Kirwan, 1994).
- HACCP ou Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle: o objetivo principal desta ferramenta é garantir a saúde pública, através da prevenção de acidentes que possam ser causados devido a falta de segurança do produto. Além disso, a HACCP

determina quais são os pontos críticos de controle que precisam ser mantidos sob vigilância (Afonso 2006).

- A simulação de Monte Carlo (MCS) ou método de Monte Carlo é uma ferramenta que apresenta uma variedade de cenários possíveis e indica diversos fatores que podem ser responsáveis por causar eventos indesejados, como por exemplo a sequência de atividades mais crítica do projeto, a probabilidade de uma atividade atrasar e a probabilidade do projeto atingir determinada data ou custo. Com a simulação de Monte Carlo é possível ver todos os resultados das tomadas de decisão e avaliar os impactos de risco (Ayyub 2014; Olaru et al. 2014).

- Modelo de Markov, também conhecido como cadeia de Markov, é uma ferramenta matemática que calcula a probabilidade de um evento vir a ocorrer futuramente. Esta ferramenta é bastante empregada, principalmente, para avaliações de infraestruturas, como por exemplo, de pontes e estradas.
A cadeia de Markov é capaz de antever o estado futuro da infraestrutura estudada, independente de eventos passados, já que segundo o princípio da ferramenta fundamenta-se na ideia de que o estado futuro depende apenas do estado presente (Yang et al. 2009).

4.4.4 Tolerância ao risco e tomada de decisões

Ayyub (2014) define tolerância ao risco como o nível de risco com o qual as pessoas sentem-se tão confortáveis que nem é necessária uma tomada de decisão consciente. Dentro de um ambiente organizacional o conceito torna-se um pouco distinto, referindo-se a tolerância para suportar o risco após o seu tratamento.

Mesmo com a evolução das ferramentas para análise dos riscos, os riscos nunca serão completamente eliminados, pois o comportamento humano, que pode provocar erros, não pode ser previsto ou calculado (Proag & Proag 2014). Uma gestão de risco eficiente é fundamental para identificar os fatores que influenciam na ocorrência de situações de risco e reduzir falhas possíveis de serem controladas.

Na sequência da análise dos riscos, os resultados obtidos são comparados com os critérios de tolerância ao risco, que devem ser estabelecidos pela organização (Broder & Tucker 2012). Dessa forma, é possível determinar se os riscos e/ou sua magnitude são aceitáveis e estabelecer uma estratégia para a tomada de decisão sobre quais medidas de controlo devem ser aplicadas (Liu et al. 2012; VMIA 2014).

Durante a avaliação do risco surgem diversas questões complexas que, para serem solucionadas, devem estar de acordo com valores e prioridades da sociedade, e por isso, uma das principais questões que a gestão de risco deve responder é: quais dos perigos existentes merecem maior atenção e uso de recursos? Para que esta questão seja respondida torna-se necessário aprofundar as pesquisas quanto aos riscos e realizar um estudo de priorização dos riscos, sendo assim, além de a avaliação dos riscos considerar os interesses da própria organização deve-se também considerar o interesse público (Klinke & Renn 2011).

Pode-se dizer que esta é a principal etapa da gestão de risco, devendo apresentar resultados precisos para viabilizar a implantação de medidas para o controlo e mitigação dos riscos (Liu et al. 2012). Portanto, os objetivos desta etapa são caracterizar e priorizar os riscos que devem ser tratados e tomar as decisões referentes ao tratamento dos mesmos, o que auxilia os gestores a ordenar os recursos disponíveis de maneira que atenda as reais necessidades do sistema (VMIA 2014).

A caracterização dos riscos deve definir os riscos com os quais a sociedade está disposta a lidar, uma vez que existem demasiados riscos e muitos não podem ser considerados (Klinke & Renn 2011). Para realizar tal função, esta etapa depende fundamentalmente dos dados de avaliação do risco, que indica a probabilidade de ocorrência dos riscos identificados de forma qualitativa, semiquantitativa ou quantitativa (ISO 2009; VMIA 2014). A partir de tais resultados os riscos são comparados e priorizados e as decisões são finalmente tomadas.

Durante a caracterização de riscos realizada nesta etapa do processo, alguns critérios são ponderados, como demonstrado na Figura 25, assim, os riscos são discriminados em categorias de acordo com os níveis de tolerância e aceitabilidade estipulados. Este estágio da gestão pode sofrer variação, que vão depender dos interesses e particularidades de cada organização (Klinke & Renn 2011).

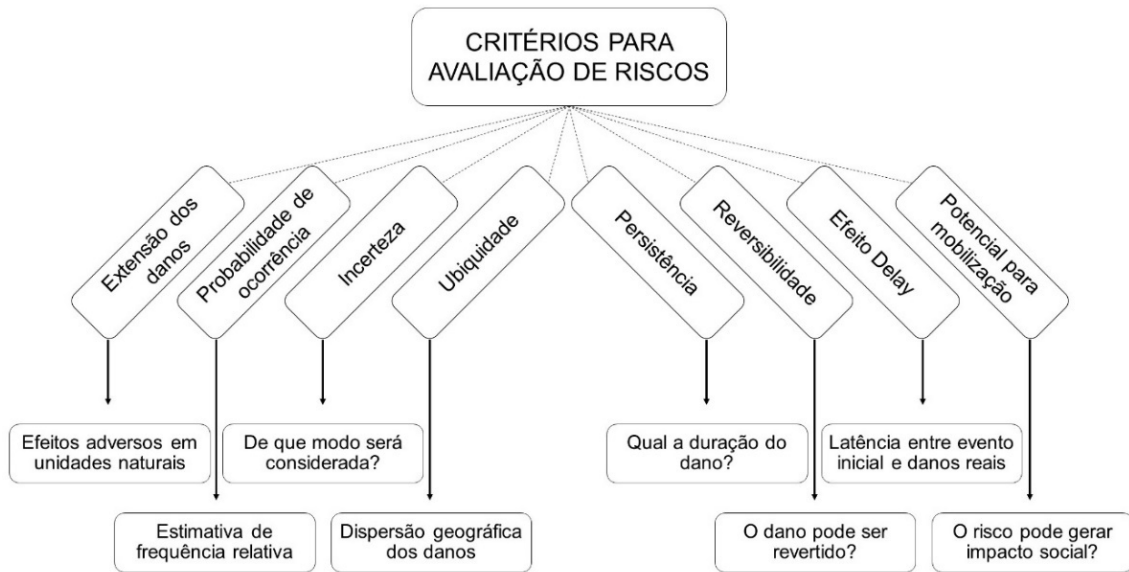


Figura 25 - Caracterização de riscos

Para estabelecer a classificação dos níveis de tolerância deve-se considerar os impactos dos riscos sobre diversos fatores, como a qualidade de vida humana, degradação ambiental, danos em equipamentos e estruturas físicas, impactos sociais, custos de litigância, perdas financeiras e outros (Flamberg et al. 2016). As três categorias em que os riscos podem ser divididos são (Klinke & Renn 2010):

- Intolerável: o sistema utilizado precisa ser substituído, pois o sistema atual é inaceitável;
- Tolerável: este nível é intermediário, não existe urgência, porém, os riscos precisam ser reduzidos;
- Aceitável: os riscos são insignificantes ou pequenos, os custos não justificam qualquer investimento para reduzi-los.

Na Figura 26 encontra-se uma representação da tolerância ao risco.

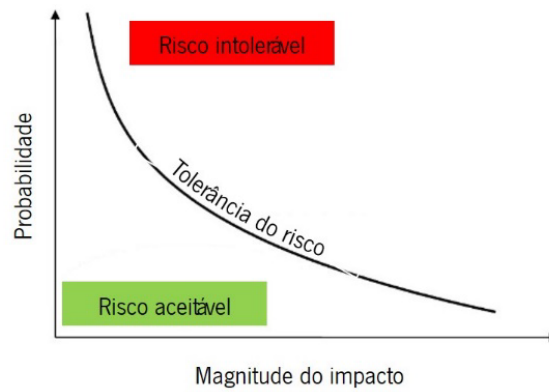


Figura 26 - Tolerância ao risco

Para a definição de prioridades, o princípio geral que se segue é de que os riscos são de alta prioridade quando existe alta probabilidade de os problemas surgirem somados a grandes consequências (Cooper et al. 2005). Ou seja, deverão ser tratados com maior atenção os riscos classificados como intoleráveis devido a gravidade das consequências, seguido dos riscos toleráveis.

Na sequência da caracterização e priorização de riscos, as decisões são tomadas e para isso cada organização define um procedimento padrão a ser seguido. Failing e Harstone (2012) desenharam uma estrutura para tomada de decisões na qual obedece uma ordem que se inicia pelo entendimento do problema, eleição de quem deve tomar a decisão, quais as alternativas disponíveis e as consequências, considerando os interesses da organização. Ver na Figura 27 a estrutura para tomada de decisões.

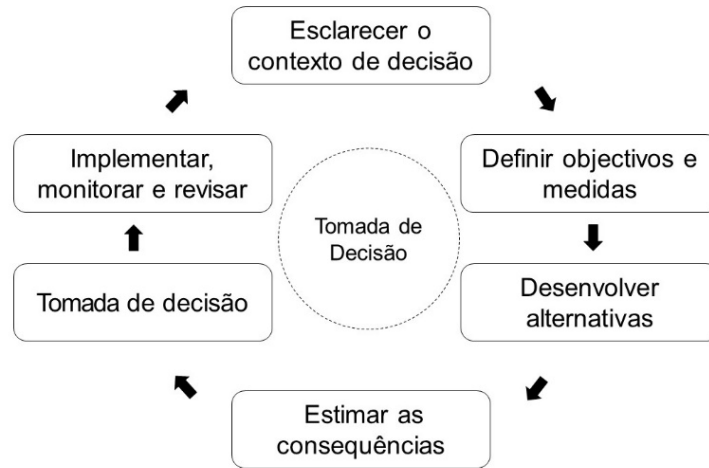


Figura 27 - Estrutura para tomada de decisões

Por fim, os gestores definem as medidas que serão colocadas em prática para aumentar as situações favoráveis ou, principalmente, para evitar as consequências dos eventos perigosos (Nota 2010). Nem sempre será possível ou necessário realizar o tratamento dos riscos, por essa razão, cabe aos gestores estabelecer e elaborar documentos com os níveis de tolerância de riscos com os quais a organização está disposta a assumir. Este documento servirá de auxílio para decidir quando é necessário lidar com as ameaças (PMI 2008). Aos riscos que serão tratados, fica a decisão de melhor tratamento aos gestores do projeto, quem podem apontar uma das seguintes soluções: Prevenção; Controlo; Retenção; ou Transferência (Klinke & Renn 2010; Proag & Proag 2014). Lembrando que, ocasionalmente não será possível evitar por completo os impactos negativos.

Os riscos devem ser tratados de acordo com a categoria em que foi especificado anteriormente, os riscos intoleráveis requerem substituição do sistema utilizado por outro que apresente menos riscos e benefícios semelhantes para a organização, enquanto que os riscos toleráveis necessitam de medidas de redução para torná-los aceitáveis. As perdas dos riscos aceitáveis normalmente não são tratadas.

Segundo Klinke e Renn (2010), as organizações podem seguir alguns procedimentos para auxiliar na redução de riscos, são eles:

- Normas e limites técnicos que estabelecem o limite admissível de concentrações, emissões, ou de outras medidas de exposição;
- Padrões de desempenho para processos químicos e tecnológicos;

- Determinações técnicas referentes ao bloqueio de exposição ou a melhoria da capacidade de resistência;
- Incentivos econômicos governamentais, incluindo impostos, taxas, subsídios e esquemas de certificação;
- Incentivos de terceiros, ou seja, privada monetária ou em incentivos amáveis;
- Os esquemas de compensação;
- Seguro e responsabilidade;
- Cooperativa e opções informativas que vão desde os acordos voluntários em rotulagem e programas educacionais.

Um fator que interfere intensamente na escolha do tratamento utilizado é o momento em que o evento foi identificado e será tratado, assim, se o evento foi identificado antes da consequência é provável que as medidas sejam mais eficientes do que em situações onde o evento foi identificado durante o seu acontecimento ou após o desastre (Proag & Proag 2014).

4.5 Monitorização operacional

Os sistemas de resíduos sólidos são dinâmicos, ou seja, estão em constante transformação. Assim, a estrutura dos sistemas precisará sofrer constantemente ajustes para atender a demanda da população e estar de acordo com as metas e limites estabelecidos pelos órgãos públicos para o ambiente e para saúde pública. Dessa forma, é fundamental o desenvolvimento de um plano de monitorização para verificar regularmente o desempenho e qualidade do sistema.

A monitorização operacional, é uma das últimas etapas da gestão de riscos, e é na verdade, uma atividade contínua, que tem como papel acompanhar o funcionamento do sistema e verificar o aparecimento de indicadores de situações de risco a partir de uma rotina de vigilância dos riscos previamente identificados. Para que essa atividade tenha resultados eficientes é necessário que a partir do instante em que um risco é identificado este seja colocado sob monitorização, para que possam ser tomadas as medidas de controlo corretas no menor espaço de tempo (Nota 2010).

Os documentos que apresentam os riscos prioritários e os níveis de tolerância de riscos são muito utilizados nessa etapa do processo, já que os riscos caracterizados como prioritários devem estar sob vigilância intensa, pois suas consequências têm impacto grave para o funcionamento do sistema ou para a reputação da organização (Failing & Harstone 2012). Contudo, todos os riscos devem ser continuamente monitorizados, mesmo aqueles que apresentam consequências toleradas pela organização, já que a magnitude dessas consequências pode sofrer variações a qualquer instante (Nota 2010). Quando um risco acima dos limites de tolerância é detectado, ações corretivas são executadas para conter as consequências indesejadas.

Para que a monitorização ocorra apropriadamente, é importante desenvolver uma estrutura padronizada que estabeleça uma rotina de inspeção dos riscos e os resultados previstos, utilizar os critérios de tolerância ao risco da comunidade e da organização e incorporar as melhores maneiras de gestão dos riscos. A boa desenvoltura desta etapa da gestão do risco, reflete-se em ganhos para a organização em forma de economia, eficiência e melhorias operacionais (Struik et al. 2015).

Uma ferramenta bastante utilizada em sistemas de diversos ramos é o Diagrama de Pareto, também conhecido por Lei de Pareto. Esta ferramenta mede a frequência das ocorrências e as ordena de maneira decrescente, de forma a salientar os principais problemas apresentados pelo sistema. Essa ferramenta utiliza o Princípio de Pareto, também conhecido como regra 80/20, que se baseia no conceito de que a grande maioria dos problemas (80%) são produzidos por apenas algumas causas essenciais (20%), e por essa razão dá prioridade aos problemas que ocorrem com maior frequência. Para que os problemas sejam identificados pelo gestor de qualidade, após a utilização do sistema os usuários ou clientes são convidados a participar de uma pesquisa sobre a satisfação, a partir dos dados coletados nas pesquisas é possível montar uma planilha composta pelos problemas apontados, a frequência em que ocorrem, seguido da percentagem e da percentagem acumulada (PMI 2008). A Figura 28 mostra a estrutura de um Diagrama de Pareto.

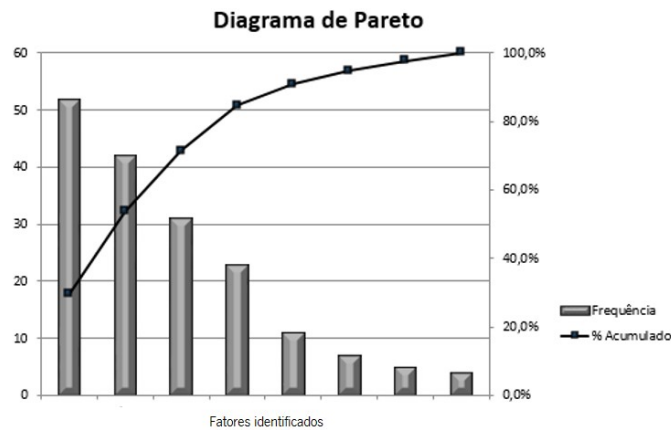


Figura 28 - Exemplo da estrutura de um Diagrama de Pareto

4.6 Gestão e comunicação

A comunicação é uma das etapas de gestão do risco que traduz o ato de transmitir informações técnicas, científicas ou educacionais para as partes interessadas. Dentro da gestão do risco, esta etapa pode ser dividida em três categorias principais, de acordo com a sua finalidade: comunicação dos riscos relativos a segurança, comunicação dos riscos no ambiente e comunicação dos riscos na saúde (Lundgren & McMakin 2013).

A comunicação em gestão do risco compreende uma série de obrigações por parte da equipa responsável por esta função e pelo próprio gestor, sendo que, quase que obrigatoriamente, o líder do projeto exerce também a função de líder da equipa de comunicação (PMI 2008). Uma dessas funções refere-se ao processo de informar a população relativamente a todos os riscos potenciais para a pessoa, propriedade ou comunidade associados ao sistema em questão. Além desse tipo de comunicação, que deve ocorrer em situação de funcionamento normal do sistema, a comunicação durante situações de alto estresse é muito importante para que as medidas de controlo sejam eficientes (EPA 2016).

Nos casos onde a comunicação ocorre entre a organização e a comunidade é relevante ressaltar que a comunicação deve ser bilateral, ou seja, tanto a empresa deve passar informações quanto pode receber o feedback da população afetada, que neste caso é uma das partes interessadas (EPA 2016). A seguir são apontados os principais pontos que devem ser abordados durante a etapa de comunicação do ponto de vista da população (OECD 2002):

- Explicar a possibilidade de um impacto de risco (probabilidade) e a previsibilidade do impacto de risco;
- Explicar a diferença entre risco e perigo;
- Lidar com medos e incertezas da população no que diz respeito a doenças;
- Lidar com quaisquer efeitos a longo prazo do risco e da gestão do risco;
- Garantir a melhor compreensão geral da terminologia e conceitos baseados em risco;
- Informar e assegurar a compreensão sobre como as decisões da gestão do risco podem afetar a qualidade de vida;
- Criar um ambiente onde as incertezas podem ser questionadas e as perguntas respondidas;
- Melhorar a transparência e credibilidade da implementação da gestão do risco;
- Lidar com interesses conflitantes e culturas das várias partes interessadas e afetadas.

Para além da troca de informações com a comunidade os responsáveis pela comunicação também devem ter conhecimento do que se passa em todas as etapas do sistema e informar cada um dos setores sobre as etapas e os resultados de todo o processo realizado e sobre os possíveis riscos e eventos perigosos, as vulnerabilidades do sistema e os métodos propostos para controlo (Tohidi 2011). As ferramentas utilizadas durante a etapa de comunicação do risco compreendem declarações escritas, verbais ou visuais contendo todas as informações relevantes sobre os riscos (EPA 2016).

Falhas durante o processo de comunicação do risco podem acarretar em diversos problemas, incluindo no processo para solucionar os riscos identificados, sendo esta questão de igual importância à compreensão dos conceitos que cercam o processo da gestão, que são importantes para evitar confusões e mal-entendidos (Scheer et al. 2014). Para evitar falhas um dos procedimentos a ser realizado é a determinação dos requisitos da comunicação desde o princípio da elaboração do projeto, procurando-se especificar quais as tecnologias serão utilizadas para divulgação das informações e qual será a política adoptada para a elaboração e retenção de documentos (PMI 2008).

Esses documentos são de grande relevância para as partes envolvidas, para tomadas de decisões políticas ou para servir de base para outras organizações com o funcionamento similar. Além disso, estes documentos são responsáveis não somente pela divulgação dos resultados,

mas principalmente para tomada de decisões sobre os procedimentos, o sistema operacional e as mudanças de gestão (Tohidi 2011).

CAPÍTULO 5. GESTÃO DO RISCO EM SISTEMAS DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

A produção desenfreada de RSU em todo o mundo tem recebido cada vez mais atenção de órgãos públicos e entidades independentes que visam reduzir os efeitos negativos causados pela falta de tratamento adequado dado aos resíduos. Durante o processo de tratamento e eliminação de RSU, o ambiente pode ser encontrado em muitas situações de riscos potenciais, incluindo os impactos sobre a qualidade do ar, do solo e das águas subterrâneas, devido ao imenso potencial poluidor dos produtos derivados da degradação dos resíduos. Poluição esta, que pode alcançar diversos níveis do ambiente e, conseqüentemente, afetar a saúde pública e ambiental de maneiras diferentes (Butt et al. 2008).

Impactos de saúde podem ser associado a todas as etapas do sistema de gestão de RSU por contato direto ou indireto com os resíduos (Forastiere et al. 2011). A exposição humana a substâncias químicas tóxicas que existem, principalmente em aterros sanitários, pode ocorrer através da inalação de poluentes no ar, por contato com águas e solo contaminados, lixiviado, ou micro e macrovetores, como pássaros, insetos e roedores.

Os impactos causados pelos resíduos dependem de alguns fatores, dentre eles a composição dos resíduos é a de maior significância, uma vez que é a composição dos resíduos que define as características do lixiviado, principal fonte de contaminação relacionada aos RSU (Edjabou et al. 2015; Bisinella et al. 2017). Além do fator considerado, tem sido cada vez mais frequentemente mencionado na literatura científica que a proximidade com infraestruturas de tratamento e deposição final de resíduos é um grande risco para população (Martiello et al. 2013). Sendo assim, a população que mora próxima destes locais e os próprios trabalhadores tem maior probabilidade de sofrer danos na saúde.

Vários autores (EA 2011; Elliott et al. 2001; Giusti 2009; Jarup et al. 2002; Palmiotto et al. 2014; Perez et al. 2006) investigaram os impactos negativos sobre a saúde humana associados com resíduos sólidos, descrevendo as causas prováveis de cada doença de acordo com as vias de exposição e substâncias formadas durante e após o processo de biodegradação de RSU, como mostrado anteriormente no Capítulo 3 (rever a Figura 18).

Para além dos impactos à saúde causados pelo processo de biodegradação de resíduos, os resíduos também podem ser apontados como responsáveis pela propagação de doenças através

da proliferação de agentes patogênicos, o que normalmente ocorre como consequência de sistemas deficientes. Um exemplo atual é a proliferação do mosquito *Aedes aegypti* no Brasil, onde alguns autores (Picinato et al. 2015; Zara et al. 2016) já descreveram que a epidemia de dengue se deve, também, a falta de bons serviços de resíduos sólidos, indicando a importância da gestão de resíduos para saúde pública.

Já os problemas ambientais relacionados aos resíduos, incluem dentre outros problemas: a contribuição para o efeito estufa, resultante das emissões de CH₄ e CO₂; geração de diversas substâncias tóxicas e de compostos orgânicos voláteis; odor; ruído; destruição da camada de ozônio; danos à vegetação; contaminação do ar, água e solo com lixiviado e metais pesados; afetam a saúde animal e contribui para a proliferação de insetos e roedores (Cossu 2013; Forastiere et al. 2011; Giusti 2009).

Embora não existam maneiras de evitar completamente os impactos ambientais negativos, a avaliação e gestão de riscos pode reduzi-los significativamente, de modo a controlar ou mesmo eliminar certos perigos e eventos perigosos indesejáveis, tais como aqueles desencadeados devido à operação do aterro, através da aplicação de abordagem de gestão de risco (Proag & Proag 2014). E dessa forma, permitir a manutenção da saúde ambiental (Butt et al. 2014) e, conseqüentemente, proteger a qualidade da saúde pública.

Um sistema de RSU, compreendendo as etapas de recolha, transporte, tratamento e deposição final de resíduos, comporta perigos e riscos para saúde pública e ambiente que é necessário prever e minimizar. A avaliação e gestão de riscos de RSU pode ser realizada através de um PSRS, esquema estruturado que garante qualidade e segurança, o qual pode assumir elevada relevância para decisores políticos, agências reguladoras, entidades gestoras de resíduos, profissionais de saúde e ambiente, educadores e líderes de comunidades.

O PSRS deve ser baseado em objetivos de saúde pública definidos pelo Ministério da Saúde e em níveis de preservação da qualidade ambiental estipulados pelas agências reguladoras ambientais. A implementação de um PSRS pode constituir um elemento fundamental para um sistema de gestão de RSU, para reduzir a sua vulnerabilidade e assegurar uma gestão de alta qualidade. Na Figura 29 apresenta-se o enquadramento de um PSRS, como proposto neste trabalho de investigação, numa perspectiva de garantia de saúde pública e qualidade ambiental,

onde se prevê um processo de vigilância a cargo de uma entidade independente (Regulador), que garanta a eficácia na implantação do PSRS.

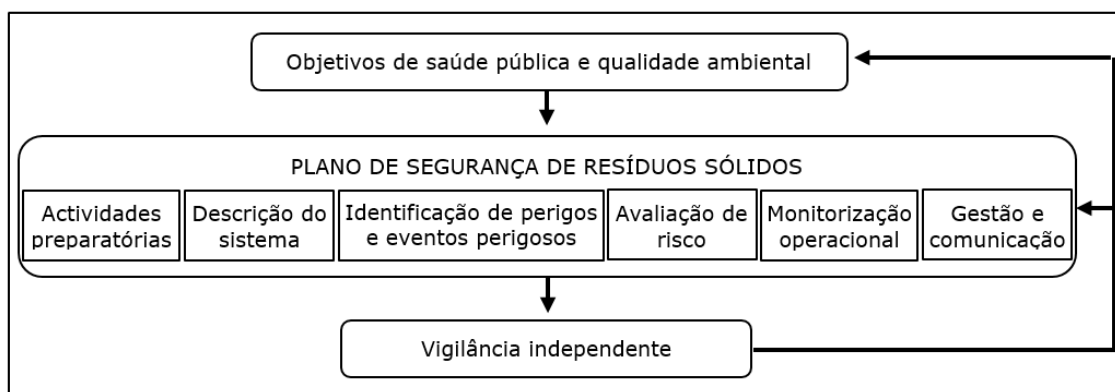


Figura 29 - Enquadramento funcional de um PSRS

A gestão de risco em sistemas de RSU é baseada na caracterização das fontes de perigo, principalmente, para a saúde e para o ambiente (Pollard et al. 2006), sendo que os riscos se estabelecem, principalmente, a partir das emissões de gases e diversas substâncias tóxicas e/ou cancerígenas e, a sua amplitude varia de acordo com as zonas de exposição. Ou seja, os riscos aumentam conforme ocorre a inalação de gases ou partículas, ingestão de água e alimentos contaminados com lixiviados, contato direto com solo contaminado e outras situações (Davoli et al. 2010). Além do aspecto poluir, a análise de riscos também engloba questões menos impactantes, como odor, riscos de falhas nos processos de engenharia e caracterização dos componentes químicos e biológicos presentes no sistema (Pollard et al. 2006).

O processo de identificação de perigos depende fundamentalmente da compreensão de todas as etapas e do funcionamento do sistema de gestão de resíduos (Beuken et al. 2008). E para tanto, na Figura 30, apresenta-se um exemplo de diagrama de fluxo de sistemas de RSU com diversas possibilidades de deposição final. Neste diagrama referem-se as classes de população com uma exposição mais directa relativamente a cada uma das etapas consideradas, ver Quadro 8. O que torna possível analisar todos os potenciais perigos biológicos, físicos, químicos e radiológicos que podem estar associados.

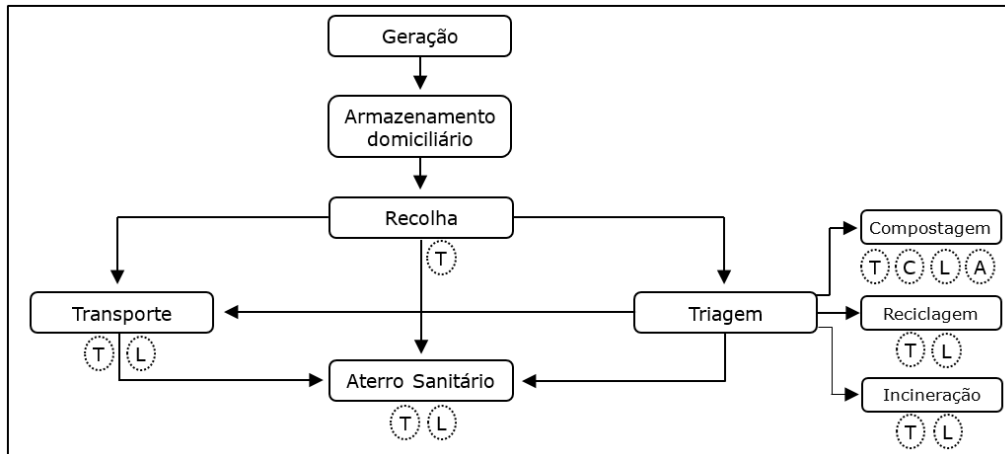


Figura 30 - Diagrama de fluxo de um sistema de RSU com referência de exposição da população

Quadro 8 - Classes de população exposta a perigos e eventos perigosos

Sigla	Classe	Descrição
C	Consumidores	Pessoas que consomem ou utilizam produtos que foram produzidos a partir do processo de gestão de RSU
A	Agricultores	Pessoas que manipulam produtos do processo de gestão de RSU
L	Comunidade local	Pessoas que moram nas proximidades de etapas de sistemas de RSU
T	Trabalhadores	Responsáveis pela manutenção, limpeza ou operação de sistemas de RSU

Na Figura 31 apresenta-se um esquema com as rotas de exposição aos perigos e eventos perigosos com influência directa na saúde humana.

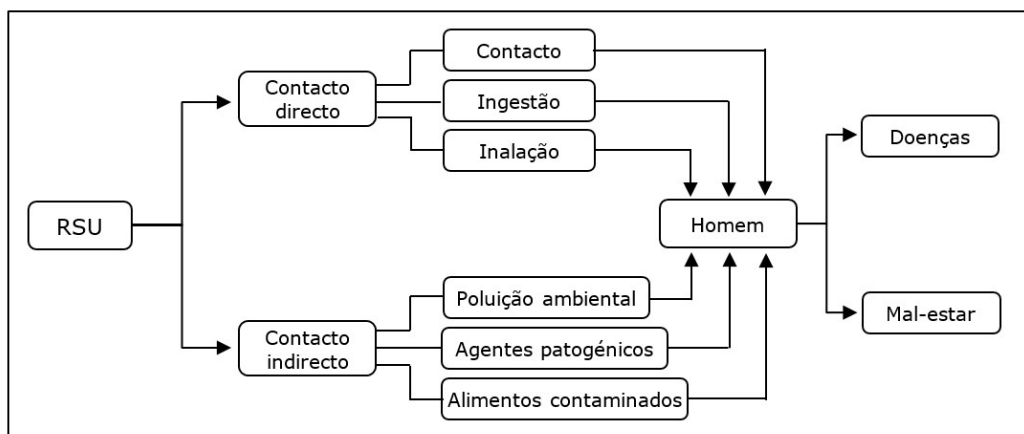


Figura 31 - Rotas de exposição com influência directa na saúde humana

Na etapa de identificação de perigos, deve-se considerar os procedimentos e estruturas utilizadas para a coleta, transporte, armazenamento temporário e triagem, tratamento e na deposição final. Portanto, é necessário identificar os elementos que podem causar contaminação e associar as medidas de controlo a cada perigo, além de estimar outros fatores que também podem provocar perigos. Dentre estes fatores pode-se citar (Butt et al. 2014; Vergara & Tchobanoglous 2012):

- As contaminações acidentais;
- Variação de circunstâncias devido ao tempo;
- A variação das características dos resíduos e os fatores que influenciam tais características;
- As condições geológicas e climáticas específicas do local e as variáveis;
- Quantidade, composição e gestão do lixiviado;
- Quantidade, composição e gestão do biogás;
- Atividades/influências humanas;
- Projeto do aterro: sistema de drenagem e resistência.

5.1 Perigos associados à recolha

Os perigos associados a esta etapa atingem sobretudo os funcionários que desempenham função de recolha de resíduos nas cidades e transportá-los até o local de triagem,

armazenamento ou deposição final. Estes trabalhadores são expostos durante a jornada de trabalho a diversos tipos de riscos ocupacionais, como pode ser visto na Figura 32.



Figura 32 - Perigos para os coletores de resíduos

Fonte: Adaptado de Ferreira e Anjos 2001; Lazzari e Reis 2011

O perigo mais frequente é resultado da falta de acondicionamento adequado dos resíduos por parte dos usuários do serviço de gestão, que os descartam de maneira inapropriada e consequentemente, os trabalhadores defrontam-se com cortes e/ou ferimentos ocasionados pela presença de objetos perfuro cortantes (Velloso et al. 1997).

Além dos perigos citados, existem ainda, nos países que apresentam grandes índices de desigualdade social, como Brasil por exemplo, os chamados “catadores de lixo”, uma parcela da população pertencente a classe social muito baixa e que recorre aos resíduos sólidos como fonte de renda e sobrevivência (Siqueira & Moraes 2009). Os catadores, como o próprio nome diz, recolhem resíduos, nas ruas ou até mesmo em locais de deposição final, que possuem valor comercial. No Brasil, os catadores são responsáveis pelo aumento dos índices de reciclagem, principalmente de alumínio e papel.

Apesar dos benefícios trazidos por estes trabalhadores informais para o ambiente, e até mesmo para a sociedade no geral, no que diz respeito a reciclagem de materiais, eles são ainda mais suscetíveis aos perigos, pois não fazem uso de qualquer equipamento de proteção individual ou de estruturas sanitárias (Gonçalves 2005). Consequentemente, ao vasculharem os resíduos à

procura de materiais recicláveis para comércio ou restos de alimentos, os catadores estão expostos a todos os tipos de riscos de contaminação e dos riscos à sua integridade física. Sendo assim, além de se contaminarem os catadores também podem ser considerados como vetores para a propagação de doenças, pois tem a capacidade de transmiti-las para outras pessoas e assim, aumentar o alcance dos impactos negativos dos resíduos sólidos (Cavalcante & Franco 2007; Ferreira & Anjos 2001).

A própria falta de recolha dos resíduos também pode vir a ser considerada um perigo relacionado a esta etapa, já que é causado pela ineficiência do sistema e também traz diversas consequências negativas para população. O acúmulo de resíduos nas ruas impede o escoamento das águas das chuvas, cria ambientes propícios ao desenvolvimento de vetores de doenças, provoca a degradação ambiental (com poluição da água, do ar e contaminação do solo), e causa problemas de saúde pública e relacionados à infraestrutura local (Pamnani et al. 2015).

5.2 Perigos associados ao transporte

Nesse item, mais uma vez, os trabalhadores são os mais expostos aos perigos dos RSU, principalmente ocasionados pelo veículo compactador de resíduos, pois podem ocorrer colisões entre veículos, e para além disso, o compactador é acionado frequentemente pelo próprio trabalhador durante a coleta do lixo. Por consequência, acidentes de trabalho como, por exemplo, a prensagem de membros superiores de outro trabalhador ocorre com bastante frequência. Além desse perigo, o fato de o caminhão coletor ser alto, existe o risco de chocar-se com fios de eletricidade que estão na sua rota (Velloso et al. 1997).

Abaixo são descritos os principais perigos durante o trajeto dos resíduos recolhidos até a deposição final em aterros sanitários (Lima 2013):

- Exposição a agentes biológicos;
- Exposição a odores;
- Exposição a vibrações e ruídos;
- Projeção de partículas, poeira e gases;
- Acidentes com o veículo compactador.

Outros perigos podem ser observados durante o transporte dos RSU, principalmente em sistemas mal estruturados, estes são provenientes do espalhamento dos resíduos ou do derramamento de chorume em vias públicas. Tais falhas nestes sistemas podem resultar em diversos impactos negativos na saúde, pois estimula a proliferação de insetos, atrai diversos animais portadores e transmissores de doenças, mau cheiro e poluição visual (Ribeiro & Lima 2000). Estes últimos podem causar à população: mal-estar, alergias, dores de cabeça, desconforto, dificuldade em respirar e outros efeitos adversos sobre a saúde (Nicell 2009; Rushton 2003).

5.3 Perigos associados ao armazenamento e triagem

O armazenamento temporário e a triagem são etapas muitas vezes menosprezadas, mas que apresentam, contudo, uma função de extrema relevância dentro do sistema de gestão de resíduos. Em muitos países da Europa foi proibida a deposição de RSU directamente em aterros sanitários sem tratamento a partir de 2005, um dos países foi a Alemanha a qual não estava devidamente preparada para tratar todo o resíduo gerado por sua população. Durante o período de adaptação do sistema, o armazenamento prolongado foi a solução adoptada pelo governo para honrar com as novas normas (EUWID 2007).

Segundo Wagner & Bilitewski (2009), os RSU podem ficar armazenados até o período máximo de três anos, a depender do tratamento a que será submetido. Quanto maior o período de armazenamento, maiores os perigos oferecidos por eles. Os principais perigos associados à etapa de armazenamento temporário dos resíduos é referente a geração de calor e metano, que podem provocar focos de fogo e explosões no local de armazenamento, e poeiras e cinzas, que podem provocar problemas respiratórios aos trabalhadores e na população local.

Relativamente a etapa de triagem, os perigos são muito semelhantes aos perigos associados à recolha de resíduos, destacando-se a exposição a agentes biológicos, vetores de doenças e ferimentos por objetos perfuro-cortantes (Giusti 2009). Pode-se dizer que a maior parte dos perigos desta etapa ocorrem devido ao descarte inapropriado de resíduos, pois muitos resíduos não urbanos não tem o seu destino adequado e acabam por entrar no sistema de tratamento de RSU.

Os perigos desta etapa têm grande variação de acordo com a realidade econômica do país em questão, já que este processo é completamente automatizado em países desenvolvidos, enquanto que em países em desenvolvimento a triagem é manual e muitas vezes em situações precárias. A Figura 33 demonstra a diferente realidade de sistemas de triagem manual realizado em Brasil e Inglaterra, respectivamente.

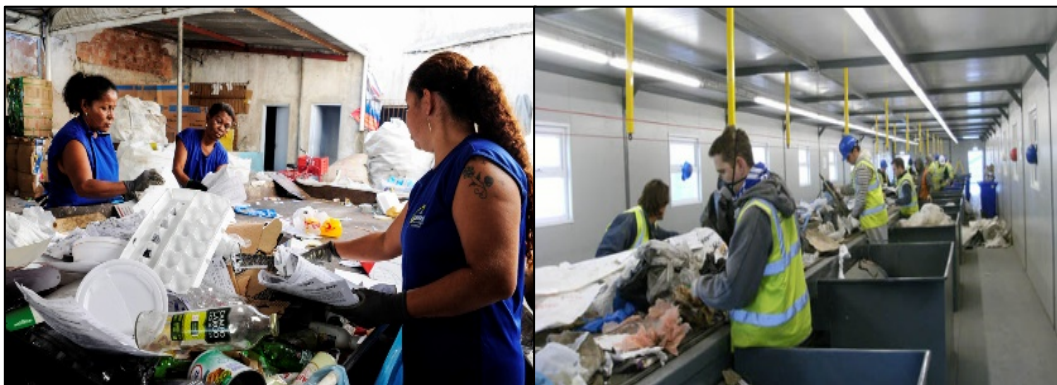


Figura 33 - Sistemas de triagem no Brasil e na Inglaterra

Fonte: McgrathGroup 2017; ONU 2016

5.4 Perigos associados ao tratamento

As tecnologias mais utilizadas para tratamento dos resíduos são: reciclagem, incineração com recuperação de energia, compostagem e deposição final em aterro sanitário. Cada uma dessas tecnologias apresenta perigos, à população e ao ambiente, específicos ao seu processo que dependem quase exclusivamente da forma como estas tecnologias são executadas. Dessa forma, em países em desenvolvimento muitas vezes os resíduos não são tratados ou quando o são, os tratamentos podem não ser realizados de maneira adequada, o que aumenta os perigos envolvidos. Em países desenvolvidos as regulamentações e a fiscalização do sistema são mais rígidas e, portanto, os eventos perigosos tendem a ser mais controlados e ocorrem com menor frequência.

5.4.1 Compostagem

A compostagem é um processo biológico aeróbio que consiste na reciclagem da matéria orgânica, garantindo, dessa forma, um destino útil para esta classe de resíduos e, conseqüentemente, impedindo o seu acúmulo desnecessário em aterros sanitários. Além dessa função, a compostagem também contribui para a melhora dos solos, pois este processo origina um produto de húmus estável (Piedade & Aguiar 2013; Russo 2003). Ou seja, além de ser um processo eficaz para a reciclagem da fração biodegradável dos RSU, sua utilização tem vantagem econômica, pois o composto produzido pode ser aplicável na agricultura.

O processo de compostagem também apresenta desvantagens que são relativas aos perigos desse processo. Esses perigos são resultado da presença de altos níveis de toxicidade, agrotóxicos e metais pesados no composto gerado ao final do processo. As principais vias de exposição aos perigos da compostagem pela população são: ingestão de solos tratados com adubo (principalmente crianças); contaminação pelo consumo de produtos cultivados em solos enriquecidos com produtos da compostagem; ou ainda contaminação do ar através da dispersão de partículas de poeiras contendo substâncias tóxicas e microrganismos (Domingo & Nadal 2009). Ver na Figura 34 o esquema representativo das vias de exposição dos poluentes originados na compostagem.

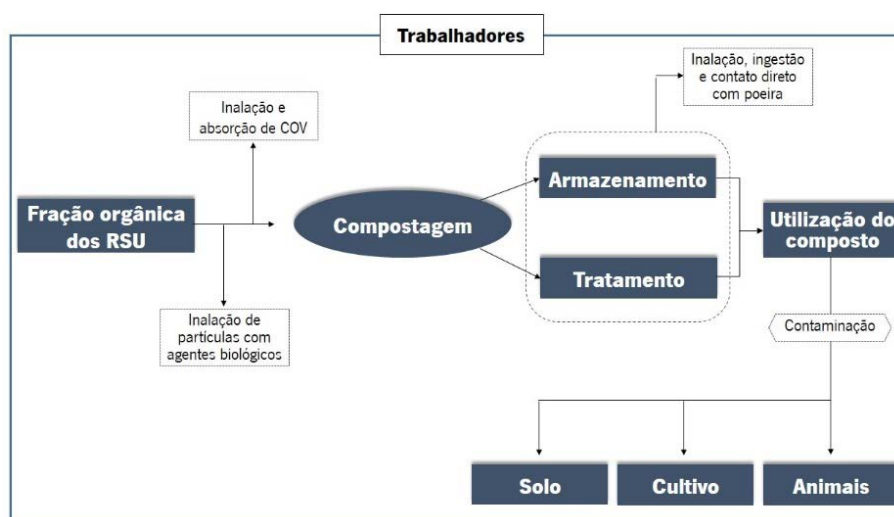


Figura 34 - Vias de exposição dos poluentes originados no processo de compostagem pelos trabalhadores

Além dos perigos para a população em geral, os funcionários que trabalham nas instalações estão diretamente em contato com intenso odor, compostos orgânicos voláteis (COV) e poeiras contendo bactérias e esporos fúngicos (Nicell 2009; Rushton 2003).

5.4.2 Reciclagem

A Environmental Protection Agency (EPA) define reciclagem como o processo de coleta, separação, limpeza e tratamento de materiais que seriam descartados como lixo e são transformados novamente em produtos que podem ser reutilizados no mercado, seja sob a forma original ou como matéria-prima de outros materiais para finalidades diversas.

Durante o processo de triagem os resíduos são separados e encaminhados para o tratamento adequado de acordo com as suas características. Os resíduos encaminhados para reciclagem, que podem ser plástico, vidro, metal e papel, são enfardados e então enviados para as repetivas empresas que dão seguimento a reciclagem. Ver na Figura 35 fardos de resíduos plásticos.



Figura 35 - Resíduos de embalagem enfardados no galpão da Resinorte (Portugal)

A utilização de produtos reciclados minimiza a geração de resíduos e reduz o uso de matérias-primas virgens, o que acarreta em excelentes benefícios ambientais em termos de economia de energia no processo de produção e redução de emissões de poluentes (Williams 2005). Entretanto, este processo também apresenta perigos, os quais surgem, principalmente, no início do processo, durante a triagem. Após a triagem, os perigos da reciclagem referem-se a (Rushton 2003):

- Exposição aos odores;
- Exposição a ruídos;
- Exposição a pós e poeiras;
- Emissões de poluentes do processo;
- Contacto com vermes e microrganismos patogênicos;
- Acidentes com os equipamentos.

5.4.3 Incineração

A incineração é um processo de combustão controlada que envolve uma sequência de passos e ao seu final reduz-se os RSU e industriais em, principalmente, dióxido de carbono (CO₂), vapor d'água, outros gases e cinzas, os quais podem ser ainda processados ou depositados em aterros sanitários (Guyer 2011).

Alguns estudos mostram que as cinzas provenientes da incineração são ricas em metais pesados e quando depositadas em locais inapropriados ou mesmo em aterros sanitários são responsáveis por contaminar o solo e águas subterrâneas a partir do lixiviado (Chang & Wang 1996; Giusti 2009; Pan et al. 2013).

A grande desvantagem do processo de incineração é a alta taxa de emissão de CO₂, que contribui diretamente para a complexa questão do aquecimento global, além de gases ácidos, metais pesados, hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs), bifenilos policlorados (PCBs) e potenciais agentes cancerígenos, como dibenzo-p-dioxinas (PCDD) e dibenzofuranos (PCDF) (Domingo 2002; Domingo & Nadal 2009). Dessa forma, a incineração sem recuperação de energia não deve ser uma opção escolhida, devido aos custos e taxas de poluição (Hoorweg & Bhada-Tata 2012). Hoje, a incineração somente é reconhecida como uma forma de tratamento de resíduos sólidos ambientalmente correta quando proporciona a recuperação de energia incorporada aos resíduos antes do seu descarte, energia esta que é liberada na forma de calor (EPA 1995).

5.5 Perigos associados a deposição final de RSU em aterro sanitário

A deposição de resíduos em aterros sanitários (AS) é hoje a tecnologia mais utilizada em países desenvolvidos. O AS é uma tecnologia capaz de evitar uma série de perigos que antes eram impossíveis de serem contornados. Apesar disso, os aterros não são imunes a perigos, sobretudo no que concerne à saúde pública e ao ambiente.

Os perigos associados a deposição de RSU em AS variam de acordo com inúmeros fatores e afetam o ambiente e a saúde pública de maneira variável, ou seja, seus efeitos não podem ser precisamente estipulados (Vergara & Tchobanoglous 2012). Isto porque os sistemas ambientais são abertos, complexos, dinâmicos e heterogêneos (Pollard et al. 2006), assim como cada organismo reage de maneira diferente a determinadas condições adversas.

Um dos fatores que possibilita a influência dos AS na saúde é viver e trabalhar nas proximidades dos aterros, pois aumenta a exposição aos perigos, como pode ser visto ver Quadro 9. Esta proximidade é apontada em alguns estudos como sendo um fator relacionado a incidência de defeitos congênitos (Vergara & Tchobanoglous 2012; WHO 2007).

Quadro 9 - Rotas de exposição da população a resíduos em AS

POPULAÇÃO ALVO	POTENCIAIS ROTAS DE EXPOSIÇÃO
Residentes nas proximidades	Inalação de gases e partículas químicas aderidas na poeira; Ingestão de comida cultivados em casa contaminados via ar, água e solo; Ingestão de água obtida de poços privados contaminados por lixiviado; Contaminação por contato dermal ou inalação com a utilização de água contaminada para banho e lavagens em geral; Inalação de ar contaminado via solo, lixiviado e migração de gás; Contato dermal com solo contaminado ou inalação de compostos evaporados do solo; Uso recreacional de áreas próximas de aterros sanitários.
População geral	Ingestão de produtos de agricultura contaminados Ingestão de água de abastecimento contaminada

Fonte: WHO 2007

Os perigos para o ambiente estão representados no Quadro 10, sendo importante salientar que os perigos para o ambiente se refletem futuramente também em problemas de saúde pública e

econômicos, pois interferem na qualidade das águas, do solo e do ar, que são elementos fundamentais para o bem-estar e saúde das pessoas. Resumidamente, os perigos da deposição final de RSU em AS ocorrem devido à produção de gás, lixiviados e pela eventual exposição a agentes patogênicos, substâncias tóxicas que podem provocar danos à vegetação, contaminação das águas subterrâneas, poluição atmosférica, entre outras consequências (Domingo & Nadal 2009).

Quadro 10 - Principais impactos ambientais da deposição de RSU em AS

Deposição em Aterros Sanitários				
AR	ÁGUA	SOLO	PAISAGEM	CLIMA
CO ₂ , CH ₄ , odor, ruído, COV, poeira	Lixiviado (metais pesados, compostos orgânicos sintéticos)	Chorume (metais pesados, compostos orgânicos sintéticos)	Poluição visual e presença de vermes	A temperatura é afetada com o aquecimento global causado pelos gases do efeito estufa

Fonte: Adaptado de Giusti 2009; Rushton 2003

Quando bem implementado o projeto para o AS apresenta bons resultados e por esta razão, esta tecnologia é a mais recomendada atualmente para resíduos urbanos que já passaram por tratamento ou para aqueles que não tem possibilidade de tratamento ou reutilização.

5.6 Perigos associados a deposição final em lixeira

A eliminação de resíduos sólidos em lixeiras, ou seja, em locais a céu aberto depositados sobre solo não protegido, é uma prática ainda comum em países em desenvolvimento, já que esta forma de deposição final envolve custos baixos e não apresenta necessidade de mão-de-obra especializada (Ali et al. 2014). Contudo, tal prática é veementemente desaconselhada devido aos seus graves impactos negativos para saúde humana e para os recursos ambientais. Os danos causados podem ser tão agressivos a ponto de serem irreversíveis.

Dentre as consequências ocasionadas pelo depósito de resíduos em locais inapropriados, pode-se citar a poluição de corpos d'água, degradação do solo, contaminação do ar, risco de inundações na região da lixeira e impactos na saúde pública.

Os RSU acumulados em lixeiras atraem muitos vetores de doenças, como por exemplo microrganismos, insetos, roedores e animais maiores, como aves e cachorros, além de outros. As lixeiras também contribuem para a poluição do ar e causam fortes odores nas imediações, levando riscos à saúde da população local, como desconforto, dores de cabeça e vômitos (Nunes & Mariano 2015).

O lixiviado produzido por conta do acúmulo de resíduos contamina as águas subterrâneas e superficiais e o solo nas proximidades do local onde os RSU estão depositados (Mishra et al. 2016). Este lixiviado também é rico em microrganismos (fungos e bactérias) altamente patogênicos, causadores de diversas doenças, principalmente, gastrointestinais, como amebíase, giardíase e disenteria (Cossu 2013; Forastiere et al. 2011).

A contaminação causada pela deposição de resíduos nas lixeiras sucede-se, dentre outros motivos, devido a presença de metais pesados, os quais podem causar efeitos adversos na saúde humana, nos animais e na qualidade das águas e do solo, onde pode alterar ecossistemas inteiros (Ali et al. 2014; Aziz & Mojiri 2015; Shaylor et al. 2009; WHO 2007), como explicado em maiores detalhes no Capítulo 2.

Outro grande problema ocasionado pelas lixeiras é a geração de gases poluentes, como CH_4 , H_2S , NH_3 e CO_2 . Estes gases causam doenças respiratórias e colaboram para aumentar o efeito estufa, além disso, a alta concentração do gás CH_4 pode provocar combustão espontânea (incêndios) e explosões nas lixeiras (Nunes & Mariano 2015).

Para além dos efeitos, ainda existe o desperdício de recursos com consequente perdas econômicas, já que os resíduos poderiam ser recuperados e transformados em bens de valor através de tratamentos, como compostagem e reciclagem (Sharma 2016).

5.7 Base de dados dos perigos relacionados aos sistemas de gestão de RSU

Um dos objetivos deste trabalho de investigação foi identificar os perigos e eventos perigosos ao longo de toda a cadeia de gestão dos sistemas de RSU. Após o devido estudo, através de levantamento bibliográfico, das etapas que constituem os sistemas foram reunidos dados suficientes para construção de uma base de dados. Nesta secção do trabalho são apresentados os detalhes e resultados desta pesquisa. As etapas consideradas foram: recolha e transporte; armazenamento e triagem; compostagem; incineração; reciclagem; deposição em lixeira; e deposição em aterro sanitário.

A base de dados foi criada a partir da análise individualizada de cada uma das etapas consideradas, com o objetivo de servir de auxílio para qualquer sistema de RSU, independente das tecnologias que o compõem. Desta forma, a base de dados pode ser consultada para diferentes sistemas, tendo em conta apenas as tecnologias desejadas.

No Quadro 11 apresentam-se os conceitos que foram utilizados na identificação de perigos e eventos perigosos (Rani-Borges & Vieira 2016).

Quadro 11 - Conceitos utilizados no processo de identificação de perigos e eventos perigosos

Perigo	Agente capaz de causar danos e ameaçar a integridade física de pessoas, de propriedades ou do ambiente	
Evento Perigoso	Consequência indesejada que se dá através dos agentes de perigo e que pode vir a provocar danos para o ambiente, saúde pública ou estruturas físicas	
Tipo de Perigo	F: Físico Q: Químico	B: Biológico R: Radiológico
Recursos Afetados	1: Ar 2: Água 3: Solo 4: Paisagem 5: Clima 6: Saúde Pública e Ambiente 7: Saúde do Trabalhador	

Nos Quadros 12 a 18 apresentam-se, respetivamente, conjuntos de perigos e eventos perigosos constantes da base de dados construída, associados as etapas de recolha e transporte,

armazenamento e triagem, transporte, compostagem, reciclagem, incineração, deposição em lixeira e deposição em aterro sanitário.

Quadro 12 - Perigos e eventos perigosos relacionados com a recolha e transporte de RSU

Perigo	Evento Perigoso	Tipo de Perigo				Recursos Afetados
		F	B	Q	R	
Partículas, poeira e gases	Exposição a contaminantes aerotransportados	X	X	X		1, 5, 6, 7
Odor	Exposição contínua ou temporária a odores	X	X			1, 7
Vibrações e ruídos	Vibrações e ruídos produzidos por equipamentos	X				7
Agentes patogénicos	Contacto com agentes patogénicos provenientes dos resíduos e da decomposição dos mesmos		X			6, 7
Resíduos misturados	Contacto com resíduos especiais sem equipamentos apropriados		X	X	X	6, 7
Objetos pontiagudos	Acidentes causados pelo contacto directo com objetos cortantes descartados inadequadamente	X				7
Resíduos mal acondicionados	Contacto directo com resíduos ou espalhamento de resíduos em vias públicas	X	X			4, 6, 7
Veículo compactador	Acidentes com o veículo compactador	X				7
Derrames líquidos	Derrame líquido de óleo ou combustível por razão de avaria mecânica no veículo compactador			X		2, 3, 4, 6
Condições atmosféricas adversas	Exposição a condições atmosféricas adversas, como calor, frio e humidade	X				7
Ergonomia	Lesões e dores musculares causadas pela movimentação de cargas e postura errada	X				7

Quadro 13 - Perigos e eventos perigosos relacionados com o armazenamento e triagem de RSU

Perigo	Evento Perigoso	Tipo de Perigo				Recursos Afetados
		F	B	Q	R	
Partículas, poeira e gases	Exposição a contaminantes aerotransportados	X	X	X		1, 5, 6, 7
Odor	Exposição contínua ou temporária a odores	X	X			1, 7
Vibrações e ruídos	Vibrações e ruídos produzidos por equipamentos	X				7
Agentes patogénicos	Contacto com agentes patogénicos provenientes dos resíduos e da decomposição dos mesmos		X			6, 7
Resíduos misturados	Contacto com resíduos especiais sem equipamentos apropriados		X	X	X	6, 7
Objetos pontiagudos	Acidentes causados pelo contacto directo com objetos cortantes descartados inadequadamente	X				7
Calor	Exposição contínua ou temporária a situações adversas de temperatura	X				5, 6, 7
Gases	Emissão de gases durante o processo de degradação de RSU	X		X		1, 5, 6, 7

Quadro 14 - Perigos e eventos perigosos relacionados com a compostagem de RSU

Perigo	Evento Perigoso	Tipo de Perigo				Recursos Afetados
		F	B	Q	R	
Partículas, poeira e gases	Exposição a contaminantes aerotransportados	X	X	X		1, 5, 6, 7
Odor	Exposição contínua ou temporária a odores	X	X			1, 7
Vibrações e ruídos	Vibrações e ruídos produzidos por equipamentos	X				7
Agentes patogénicos	Contacto com agentes patogénicos provenientes dos resíduos e da decomposição dos mesmos		X			6, 7
Resíduos misturados	Contacto com resíduos especiais sem equipamentos apropriados		X	X	X	6, 7
Toxicidade, agrotóxicos e metais pesados	Contacto, ingestão ou inalação de produtos contaminados devido ao processo de compostagem		X	X		1, 2, 3, 6, 7
Substâncias tóxicas e COV	Inalação e contacto com substâncias tóxicas geradas durante o processo de compostagem			X		1, 2, 3, 6, 7

Quadro 15 - Perigos e eventos perigosos relacionados com a reciclagem de RSU

Perigo	Evento Perigoso	Tipo de Perigo				Recursos Afetados
		F	B	Q	R	
Partículas, poeira e gases	Exposição a contaminantes aerotransportados	X	X	X		1, 5, 6, 7
Odor	Exposição contínua ou temporária a odores	X	X			1, 7
Vibrações e ruídos	Vibrações e ruídos produzidos por equipamentos	X				7
Agentes patogénicos	Contacto com agentes patogénicos provenientes dos resíduos e da decomposição dos mesmos		X			6, 7
Resíduos misturados	Contacto com resíduos especiais sem equipamentos apropriados		X	X	X	6, 7
Metais pesados	Exposição a metais pesados presentes em determinados RSU			X		2, 3, 6, 7
Agentes tóxicos	Inalação e contacto com substâncias tóxicas geradas pelo processo de reciclagem			X		1, 2, 3, 6, 7
Dioxinas	Produção e inalação de dioxinas		X	X		1, 6, 7
Máquinas	No momento de compactar: amputações, esmagamentos e queimaduras	X				7

Quadro 16 - Perigos e eventos perigosos relacionados com a incineração de RSU

Perigo	Evento Perigoso	Tipo de Perigo				Recursos Afetados
		Q	B	Q	R	
Partículas, poeira e gases	Exposição a contaminantes aerotransportados	X	X	X		1, 5, 6, 7
Odor	Exposição contínua ou temporária a odores	X	X			1, 7
Vibrações e ruídos	Vibrações e ruídos produzidos por equipamentos	X				7
Agentes patogénicos	Contacto com agentes patogénicos provenientes dos resíduos e da decomposição dos mesmos		X			6, 7
Resíduos misturados	Contacto com resíduos especiais sem equipamentos apropriados		X	X	X	6, 7
Gases ácidos e CO ₂	Emissão de gases durante o processo de degradação dos RSU	X		X		1, 5, 6, 7
Metais pesados	Exposição a metais pesados presentes em determinados RS			X		2, 3, 6, 7

Quadro 17 - Perigos e eventos perigosos relacionados com a deposição final de RSU em lixeira

Perigo	Evento Perigoso	Tipo de Perigo				Recursos Afetados
		F	B	Q	R	
Partículas e poeira	Exposição a contaminantes aerotransportados	X	X	X		1, 5, 6, 7
Odor	Exposição contínua ou temporária a odores	X	X			1, 7
Vibrações e ruídos	Vibrações e ruídos produzidos por equipamentos	X				7
Agentes patogénicos	Contacto com agentes patogénicos provenientes dos resíduos e da decomposição dos mesmos		X			6, 7
Resíduos misturados	Contacto com resíduos especiais sem equipamentos apropriados		X	X	X	6, 7
Objetos pontiagudos	Acidentes causados pelo contacto directo com objetos cortantes descartados inadequadamente	X				7
Calor	Exposição contínua ou temporária a situações adversas de temperatura	X				5, 6, 7
Gases CH ₄ e CO ₂	Emissão de gases durante o processo de degradação dos RSU	X		X		1, 5, 6, 7
Substâncias tóxicas e COV*	Inalação e contacto com substâncias tóxicas geradas durante o processo de compostagem			X		1, 2, 3, 6, 7
Metais pesados	Exposição a metais pesados presentes em determinados RSU			X		2, 3, 6, 7
Lixiviado, COV e COS**	Exposição a metais pesados presentes no lixiviado, contacto com COS e inalação de COV		X	X		1, 2, 3, 4, 5, 6, 7
Incêndio e explosão	Incêndio e explosão provocados pela produção de gases oriundos da degradação de RSU	X		X		1, 4, 5, 6, 7

*COV: Compostos orgânicos voláteis

**COS: Compostos orgânicos solúveis

Quadro 18 - Perigos e eventos perigosos relacionados com a deposição final de RSU em aterro sanitário

Perigo	Evento Perigoso	Tipo de Perigo				Recursos Afetados
		F	B	Q	R	
Partículas, poeira e gases	Exposição a contaminantes aerotransportados	X	X	X		1, 5, 6, 7
Odor	Exposição contínua ou temporária a odores	X	X			1, 7
Vibrações e ruídos	Vibrações e ruídos produzidos por equipamentos	X				7
Agentes patogénicos	Contacto com agentes patogénicos provenientes dos resíduos e da decomposição dos mesmos		X			6, 7
Resíduos misturados	Contacto com resíduos especiais sem equipamentos apropriados		X	X	X	6, 7
Cinzas da incineração	Contaminação com cinzas devido a presença de metais pesados e substâncias tóxicas			X		1, 3, 6, 7
Lixiviado, COV e COS	Exposição a metais pesados presentes no lixiviado, contacto com COS e inalação de COV		X	X		1, 2, 3, 4, 5, 6, 7
CH ₄	Emissão de CH ₄ durante o processo de degradação dos RSU			X		1, 5, 6, 7

PARTE II – Trabalho Desenvolvido

CAPÍTULO 6. METODOLOGIA

Hoje, apesar dos grandes debates e incentivos para modos de vida cada vez mais sustentáveis, a geração de resíduos sólidos é um mal inevitável na sociedade. Os resíduos estão presentes em praticamente todas as actividades humanas. Porém, o processo de gestão dos RSU oferece uma série de riscos para a população e para o ambiente. Apesar da importância deste tema e de existirem muitos estudos que apontam os riscos envolvidos nesses sistemas, ainda não foi desenvolvido qualquer recurso com capacidade para driblar tais eventos.

Diante da problemática apresentada, este trabalho visa desenvolver um PSRS. Em termos gerais, para cumprir com tal proposta, a abordagem metodológica envolveu a necessidade de investigar os vários elementos e processos que compõem os sistemas de gestão de resíduos e suas relações e implicações na saúde pública e na qualidade do ambiente. A Figura 36 apresenta as etapas metodológicas do trabalho desenvolvido neste projeto de investigação.

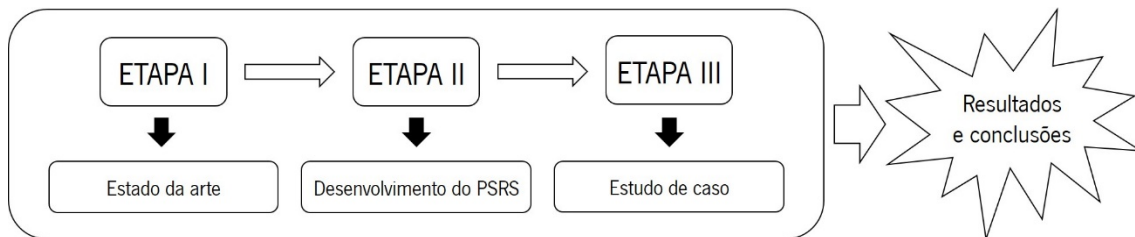


Figura 36 - Etapas metodológicas da investigação

Na secção 6.1 é apresentada a Etapa I, nomeadamente o estado da arte, especificando-se os critérios utilizados e a forma como esta foi elaborada. Na secção 6.2 apresenta-se a metodologia utilizada para o desenvolvimento do PSRS, o qual é detalhadamente recorrido no Capítulo 8. Por fim, na secção 6.3 é apresentada a última etapa da metodologia, a Etapa III que se refere ao estudo de caso. O estudo de caso é abordado no Capítulo 9. As conclusões do trabalho são apresentadas no Capítulo 10, juntamente com as sugestões para trabalhos futuros.

6.1 Estado da arte

Esta secção da metodologia dedica-se a apresentar os critérios para a construção do estado da arte sobre RSU, gestão dos riscos e planos de segurança. Esta primeira etapa metodológica é fundamental para estruturar uma base de conhecimentos rica, a qual é necessária para compreensão máxima do tema central e, assim, alcançar os objetivos propostos pelo trabalho.

A construção do estado da arte depende exclusivamente dos critérios para seleção da base de dados bibliográficos a ser consultada. Na presente tese foi previamente estabelecido que seria dada prioridade a consultas em bases de dados científicas e acadêmicas, já que os conteúdos desses sítios possuem alto nível de confiabilidade. As bases de dados utilizadas com meio frequência foram:

- SpringerLink
- Scielo
- Google Scholar
- Researchgate

Além das bases de dados bibliográficos citadas, foram utilizadas outras fontes de informação como, por exemplo, relatórios e documentos governamentais, de empresas e organizações, livros e revistas.

Um fator bastante considerado para a seleção das obras foi o ano da sua publicação. Neste trabalho constam referências publicadas entre 1985 e 2017, contudo, mais de 77% das referências utilizadas foram publicadas após o ano de 2007, o que demonstra a utilização de trabalhos considerando o contexto atual.

Após o levantamento bibliográfico, foi possível reunir dados suficientes para a realização da documentação e descrição das etapas dos sistemas de gestão de RSU e construir uma base de dados com os perigos e eventos perigosos presentes nas etapas que constituem os sistemas. As etapas consideradas foram: recolha e transporte; armazenamento e triagem; compostagem; incineração; reciclagem; deposição em lixeira; e deposição em aterro sanitário.

Os dados também serviram para a construção de um diagrama de fluxo, com a indicação dos pontos críticos de análise e rotas de exposição aos perigos e a respetiva população e a estruturação de uma metodologia de avaliação do risco.

6.2 Desenvolvimento do PSRS

O objetivo principal que pauta a presente tese de doutoramento foi desenvolver um PSRS, uma ferramenta inédita, com a finalidade de assegurar a eficiência e qualidade dos sistemas de resíduos. O PSRS tem a função de reduzir os riscos oferecidos para a população em geral, para o ambiente e para as próprias empresas gestoras do serviço.

O projeto foi desenvolvido de acordo com uma adaptação da estrutura metodológica proposta pela Organização Mundial da Saúde para a implementação do Plano de Segurança da Água (PSA) e do Plano de Segurança de Saneamento (PSS) adequando-os à realidade e às necessidades dos resíduos sólidos.

No sentido de dar cumprimento à elaboração e ao desenvolvimento do PSRS, primeiramente foram definidos os procedimentos de documentação do sistema de resíduos, incluindo todas as etapas e componentes. Esta tarefa foi seguida da identificação dos perigos e eventos perigosos presentes em cada uma das etapas. Por último, o PSA e PSS foram estudados e analisados, para que fossem adaptados às especificações dos sistemas de resíduos sólidos. Esse estudo deu origem a estrutura do PSRS.

A Figura 37 representa a metodologia utilizada para a elaboração e desenvolvimento do PSRS.

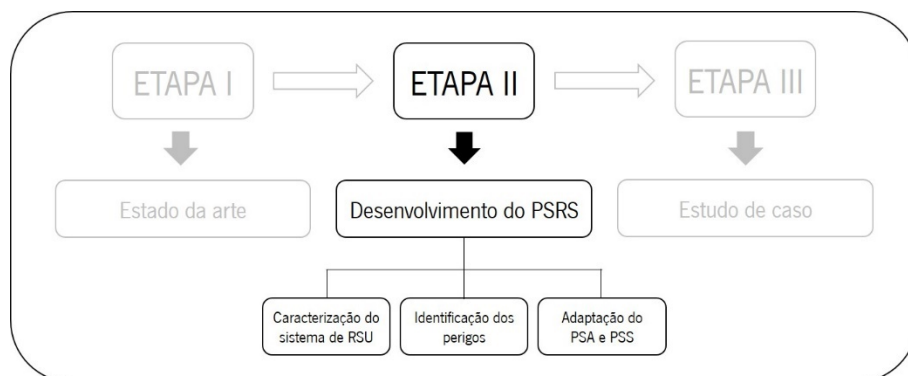


Figura 37 - Metodologia para elaboração e desenvolvimento do plano de segurança de resíduos sólidos

6.3 Estudo de caso

Após a estruturação do PSRS foi estabelecido que o estudo de caso seria adoptado como estratégia de investigação, com a finalidade de incorporar as informações geradas em experiências vividas por duas empresas portuguesas.

Justifica-se a escolha do estudo de caso como abordagem metodológica, por este método ser apropriado para a realização da coleta de dados directamente da fonte, evitando dados errôneos ou desatualizados.

Para o ensaio e teste de suporte metodológico foi realizado um estudo de caso em duas empresas, no norte de Portugal. O estudo de caso consistiu em duas abordagens: a realização de entrevistas semiestruturadas com a equipe técnica responsável e a análise de relatórios internos sobre eventos perigosos registrados nas empresas escolhidas. Ver na Figura 38 a abordagem metodológica utilizada para a realização do estudo de caso.

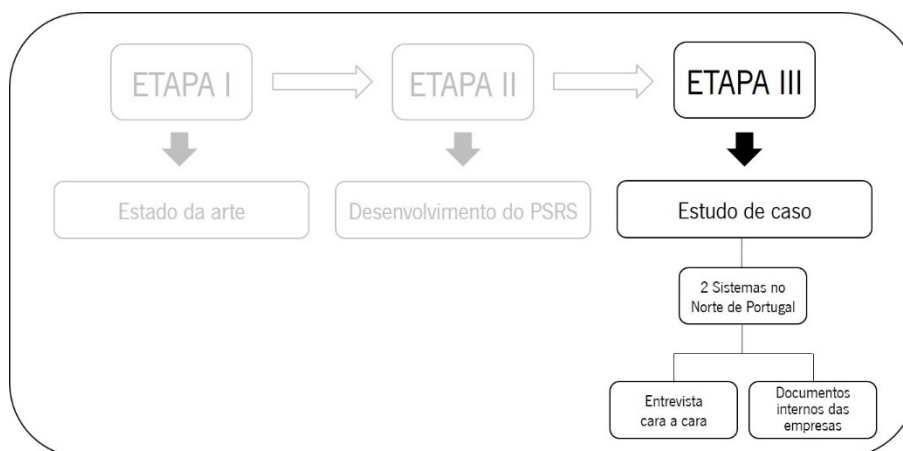


Figura 38 - Metodologia para realização do estudo de caso

Os critérios adoptados para a seleção dos sistemas de gestão de RSU foram: dimensão da população atendida, onde seria relevante a escolha de sistemas que atendessem a uma população maior que 250 mil habitantes; a infraestrutura tecnológica; e o esquema de tratamento de resíduos do local. De acordo com os critérios, foram escolhidos dois grandes

sistemas de RSU: a área metropolitana do Porto, administrada pela empresa Lipor; e a região do Baixo Cávado, gerida pela empresa Braval.

Os temas abordados nas entrevistas semiestruturadas referiram-se aos aspetos gerais dos sistemas, perigos, eventos perigosos, riscos e medidas de controlo utilizadas durante as etapas que compõem os sistemas: recolha, transporte, armazenamento e triagem. Outro tema investigado durante as entrevistas referiu-se à implementação de um plano de segurança interno nas instalações.

Os documentos internos analisados foram cedidos pelas próprias empresas após as entrevistas ou foram acessados através dos sites institucionais das empresas, onde haviam dados sobre as especificações dos sistemas e documentos e relatórios anuais estavam disponibilizados online para o público em geral.

Após esta primeira etapa do estudo de caso, com a visita às instalações das duas empresas escolhidas e da análise dos documentos internos, foi desenvolvido um PSRS hipotético específico para os sistemas da Braval e da Lipor, o qual é apresentado no Capítulo 9. Esta secção do trabalho teve como objetivo final demonstrar a aplicabilidade prática dos conceitos teóricos do PSRS em sistemas reais.

CAPÍTULO 7. PLANO DE SEGURANÇA

7.1 Conceito de Plano de Segurança

O plano de segurança é um programa que faz parte da estrutura da gestão do risco, sendo que a sua finalidade é auxiliar e evitar situações de perigo, além de contribuir no processo de escolha das medidas de controlo antes, durante ou após um evento perigoso. Um plano de segurança deve conter todos os componentes e recursos do sistema e da gestão, juntamente com informações sobre as abordagens a serem adoptadas em situações normais e em situações de risco (ISO 2011). O plano de segurança é um guia completo que apresenta todas as informações necessárias para dar início as atividades do sistema e para garantir o funcionamento do mesmo de forma apropriada.

Devido a sua grande relevância em muitas atividades humanas e naturais que oferecem riscos, principalmente para saúde e para o ambiente, existem hoje diversos tipos de planos de segurança, como por exemplo para situações de incêndio, desastres naturais, como terremotos, tornados e tsunamis, eventos terroristas, eventos violentos, acidentes, em episódios que possam causar contaminação de recursos naturais e em epidemias.

A elaboração de um plano de segurança depende fundamentalmente das características do sistema e dos elementos que o compõem, portanto, apesar de terem o mesmo objetivo final, cada plano de segurança é único e deve respeitar as especificidades de cada sistema. Os dados da gestão do risco fazem parte do plano de segurança e, portanto, a elaboração do plano de segurança cabe também á equipa responsável pela própria gestão do risco. Em alguns casos o plano pode ser elaborado por consultores externos, porém, este devem ter conhecimento sobre todo o sistema em questão.

Apesar da elaboração do plano de segurança ser, geralmente, realizada pela equipa da gestão do risco, algumas agências, instituições e organizações também confeccionam planos com o intuito de promover uma maior segurança em sistemas que oferecerem riscos que possam comprometer a sociedade de alguma forma. A principal organização que divulga frequentemente planos de segurança em diversas áreas relacionadas à saúde pública é a Organização Mundial de Saúde (OMS).

7.2 Planos de Segurança promovidos pela OMS

A OMS é uma organização internacional subordinada à Organização das Nações Unidas (ONU) e foi fundada em 7 de abril do ano de 1948 nos Estados Unidos da América, sendo a sua sede na cidade de Genebra, na Suíça. Hoje, a OMS possui escritórios em mais de 150 países e mantém relações com governos de 194 países, além de outros parceiros. O objetivo último da OMS é combater doenças e garantir o melhor nível possível de saúde e qualidade de vida para todas as pessoas do mundo (WHO 2016b).

Uma das funções designadas para a OMS é monitorar a situação da saúde, em todo o território mundial, e avaliar as tendências da saúde. Este é um trabalho muito complexo, por conta dos diferentes fatores envolvidos neste processo, como sazonalidade e incidência das doenças, características regionais e da população. Tais fatores exigem que a OMS mantenha sob vigilância milhares de doenças e situações de perigo, como os sistemas de água, de saneamento e de resíduos. Dentro desse contexto, a OMS luta pela escolha de políticas públicas inteligentes que minimizem riscos para a saúde pública. São muitas as áreas de atuação da organização, dentre as principais estão:

- Sistemas de saúde;
- Promoção da saúde através do curso da vida;
- Doenças não comunicáveis;
- Doenças transmissíveis;
- Serviços corporativos;
- Preparação, vigilância e resposta.

Para promover e garantir a saúde pública a OMS elabora documentos, guias e relatórios, baseados em diversos estudos científicos, que determinam os níveis de segurança de exposição humana relativamente à contaminantes, qualidade do ar, dos alimentos, das águas e de medicamentos e vacinas. Dentre os documentos divulgados, estão os planos de segurança, que possuem grande relevância para entidades públicas e privadas, organizações governamentais e não governamentais e para a população interessada.

Os planos de segurança da OMS abrangem situações normais e, principalmente, situações de risco, onde elevada parcela da população pode ser acometida por alguma doença, como por

exemplo durante epidemias e pandemias. Dessa forma, os planos de segurança têm a responsabilidade de instruir a população, as agências e/ou empresas quanto aos procedimentos a serem seguidos e assim, garantir a segurança da população e do ambiente (Davison et al. 2005).

Os dois planos de segurança propostos pela OMS de maior destaque são: (1) plano de segurança de água potável destinada para o consumo humano (PSA) e (2) plano de segurança de saneamento: águas residuais, excrementos e águas cinzentas (PSS). Ambos exercem papel fundamental para a população, já que são itens indispensáveis para o desenvolvimento humano e qualidade de vida, além disso, água potável segura e saneamento adequado são considerados como um direito essencial de toda e qualquer pessoa previsto pelo Comitê da ONU desde 2010 por meio da resolução A/RES/64/292 (ONU 2010).

Devido a sua participação determinante para o desenvolvimento e elaboração do PSRS, nos subitens a seguir, 7.2.1 e 7.2.2, são descritos detalhadamente os planos de segurança da água e de saneamento.

7.2.1 PSA: Plano de Segurança da Água

A água é um bem fundamental para a vida humana, não apenas por conta da sua necessidade para o funcionamento dos processos fisiológicos do organismo, mas porque constitui elemento estratégico para atividades higiênicas que garantem a saúde e para atividades produtivas e de lazer, que asseguram o bem-estar social (Davison et al. 2005).

A água insegura e a higiene inadequadas contribuem significativamente para os 1,8 milhões de mortes causadas por diarreia a cada ano no mundo. Para crianças menores de cinco anos, esse fardo é maior do que o abrangido pelo HIV (vírus da imunodeficiência humana) e malária combinados. A água é responsável por transmitir doenças quando esta encontra-se contaminada por microrganismos patogênicos e/ou produtos químicos. A contaminação deste recurso natural pode se dar através de diversos eventos, como por exemplo, a partir de excrementos de animais, infiltração de água contaminada em sistemas de distribuição e pela manipulação anti-higiênica da água dentro das próprias residências (WHO 2017).

Pensando em garantir o abastecimento de água potável de forma segura a OMS desenvolveu uma abordagem abrangente do risco e abordagem de gestão dos riscos que engloba todas as etapas que compreendem o processo de abastecimento de água desde a captação até o consumidor: o plano de segurança da água - PSA (WHO 2004).

O PSA foi elaborado primeiramente em 2005, após essa primeira versão foram publicadas muitas versões atualizadas e guias complementares nos anos seguintes. O PSA é estruturado em 11 módulos, que abrangem:

- 1: Montar a equipa do PSA;
- 2: Descrição do sistema de abastecimento de água;
- 3: Identificação dos riscos e eventos perigosos e avaliação dos riscos;
- 4: Determinação e validação das medidas de controlo, reavaliação e priorização dos riscos;
- 5: Desenvolvimento, implementação e manutenção de um plano de melhoria / atualização;
- 6: Monitorização das medidas de controlo;
- 7: Verificação da eficácia do PSA;
- 8: Preparação dos procedimentos da gestão;
- 9: Desenvolvimento de programas de apoio;
- 10: Planeamento e realização de revisões periódicas do PSA;
- 11: Revisão do PSA após um incidente.

Na Figura 39 apresenta-se um exemplo de fluxograma-tipo de um sistema de abastecimento de água. Vale a pena ressaltar também, que sempre que o PSA for adoptado por um novo sistema, a construção do fluxograma deve ser realizada de acordo com as condições específicas do local.

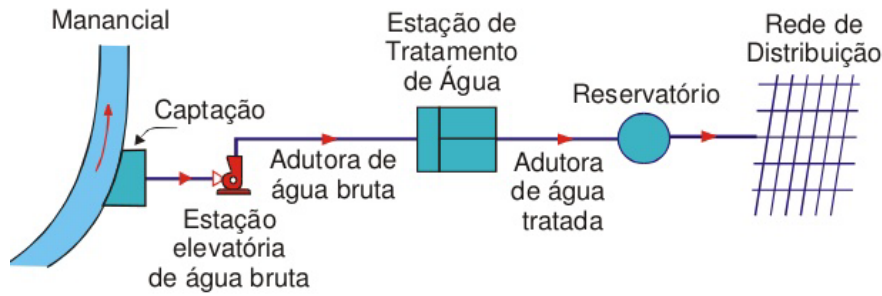


Figura 39 - Diagrama de fluxo de sistemas de abastecimento de água

Fonte: Lima 2011

7.2.2 PSS: Plano de Segurança de Saneamento

A construção de serviços públicos de saneamento fortes para todos traz inúmeros benefícios para a população e também para a gestão pública, principalmente, por conta da prevenção de doenças relacionadas ao saneamento, como diarreia, vermes intestinais, esquistossomose e tracoma. Infelizmente, estas doenças afetam milhões de pessoas todos os anos, especialmente em países com baixa renda, onde os serviços de saneamento básico são inexistentes ou inadequados (WHO 2016a).

Diante de tantas dificuldades e inconvenientes associados ao saneamento, surge a necessidade de elaborar um plano que contemple normas e diretrizes para a implementação de sistemas de saneamento seguros e acessíveis, o PSS. O plano de segurança de saneamento (PSS) é mais recente que o PSA, a sua primeira versão foi elaborada e publicada no ano de 2015 e a última versão disponível é do ano seguinte, 2016. Contudo, é importante ressaltar que o PSS foi baseado no guia de saneamento, o qual foi publicado em 2006, também pela OMS.

O PSS tem como objetivo promover uma gestão segura de toda a cadeia de saneamento, desde a coleta, transporte, tratamento, deposição e uso final de resíduos provenientes do saneamento, de forma a prevenir a exposição humana aos resíduos humanos. O PSS é uma ferramenta que quando utilizada apropriadamente, pode auxiliar os sistemas de saneamento a otimizar os benefícios para a saúde e minimizar os riscos para a população. Tal fato se dá em decorrência da gestão do risco que analisa e avalia os riscos oferecidos por cada uma das etapas, viabilizando o processo de priorização dos riscos e por fim, direcionando a atenção dos gestores para eventos perigosos de maior impacto.

Em face às tantas vantagens proporcionadas pela implementação do PSS, este plano de segurança assume elevada relevância para muitos interessados ao longo da cadeia de saneamento, incluindo: profissionais dos diversos departamentos de saúde e ambiente, líderes de governo e responsáveis por serviços públicos, setores privados e autoridades agrícolas, além de educadores e a população em geral.

Na Figura 40 apresenta-se a um fluxograma-tipo de sistemas de saneamento utilizado como base pela OMS para a estruturação do PSS. O fluxograma utilizado foi construído apoiando-se na experiência dos sistemas de saneamento em Portugal. Dessa forma, sempre que o PSS for adoptado por um novo sistema, a construção de um fluxograma deve ser realizada de acordo com a realidade local.

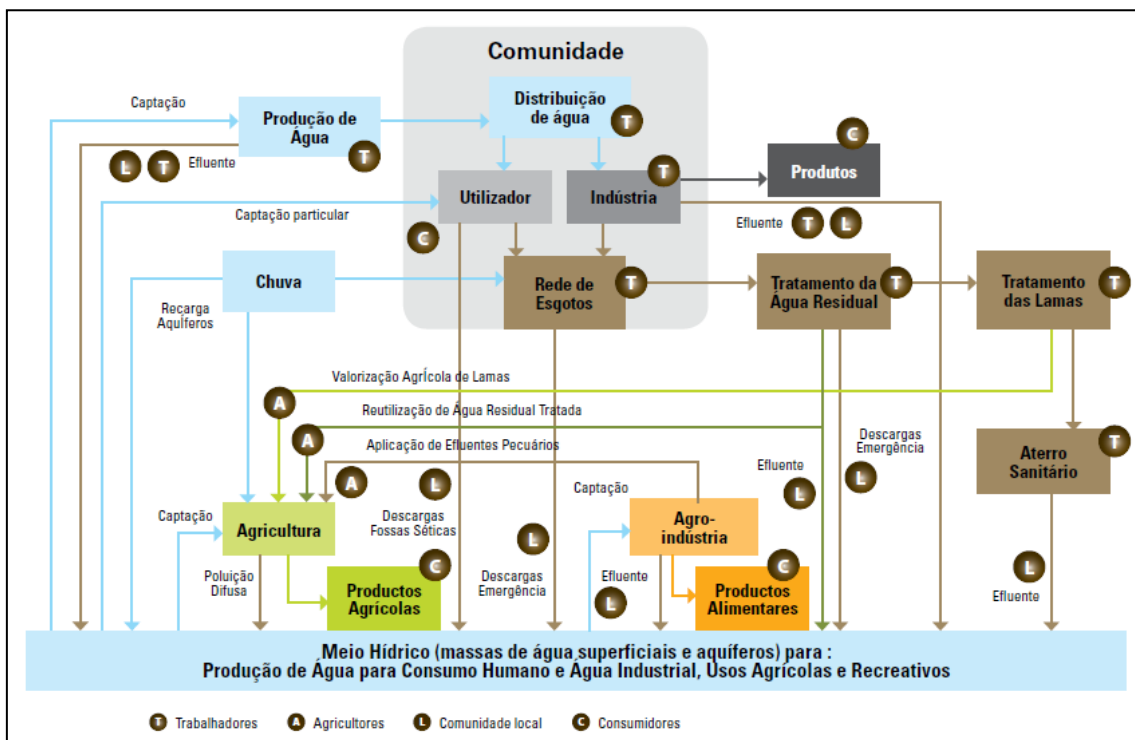


Figura 40 - Diagrama de fluxo de sistemas de saneamento

Fonte: WHO 2015

O PSS é estruturado em 6 módulos, que abrangem: (1) Preparação para o Planeamento da Segurança do Saneamento; (2) Descrição do Sistema de Saneamento; (3) Identificação dos

eventos perigosos e perigos, avaliação das medidas de controlo existentes e a exposição ao risco; (4) Desenvolvimento e implementação de um plano de melhoria; (5) Monitorização de medidas de controlo e avaliação do desempenho; (6) Desenvolvimento de programas de suporte e revisão dos planos.

7.3 Plano de Segurança de Resíduos Sólidos

Diante do contexto apresentado, um PSRS elaborado e implementado com base nos mesmos padrões bem-sucedidos dos planos de água e de saneamento poderá contribuir significativamente para garantir níveis mais elevados de desempenho na estrutura de sistemas de gestão de RSU e, conseqüentemente, atingir objectivos mais rígidos para a segurança da população.

Para o desenvolvimento do plano de segurança é imprescindível fazê-lo de acordo com os elementos constituintes do sistema. Na Figura 41 apresenta-se o fluxograma do mapa de sistemas de resíduos sólidos. O fluxograma utilizado foi construído apoiando-se em diversos tipos de tratamento disponíveis no mundo, dessa forma, o mapa pode ser consultado por sistemas compostos por diferentes tecnologias.

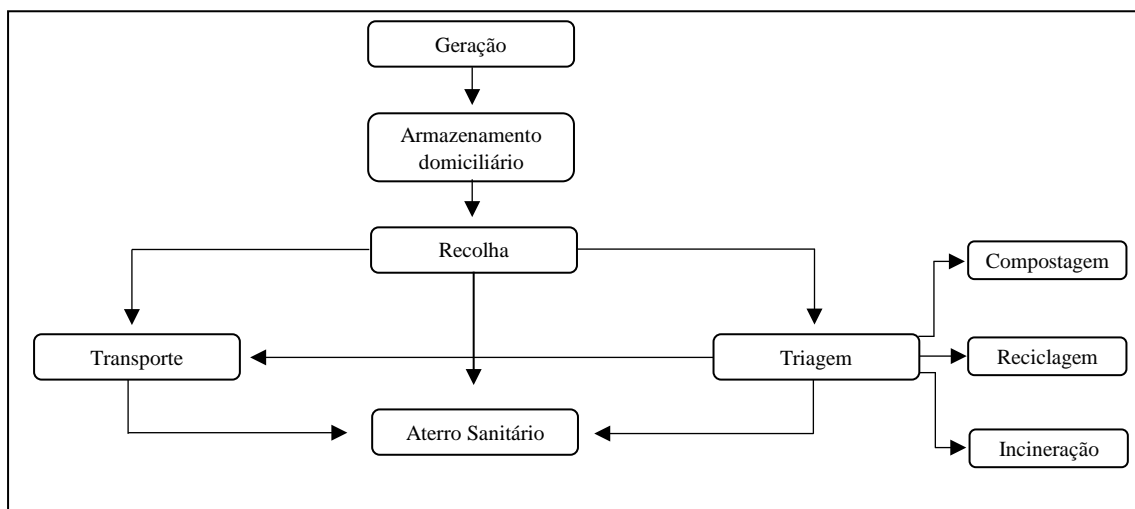


Figura 41 - Diagrama de fluxo de um sistema de RSU

CAPÍTULO 8. ESTRUTURAÇÃO DE UM PLANO DE SEGURANÇA DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Geralmente, o controlo do desempenho de sistemas de RSU fundamenta-se na detecção de microrganismos patogénicos e de produtos químicos em concentrações tóxicas através de programas de monitorização e posterior comparação com recomendações e padrões estabelecidos a nível nacional e internacional, assentes principalmente em microrganismos indicadores e em níveis máximos de concentração. Contudo, esta metodologia é geralmente lenta, complexa e dispendiosa. Tem-se verificado que, mesmo em sistemas sofisticados e com elevados níveis de qualidade operativa, estes sistemas de monitorização são ineficientes na prevenção de doenças e de impactos ambientais negativos.

Esta dificuldade justifica a formulação de uma nova abordagem ao controlo desses sistemas sanitários baseada na compreensão da vulnerabilidade dos sistemas à contaminações e nas medidas preventivas e ações que são necessárias para garantir a segurança destas infraestruturas sanitárias. Por todas estas razões, justifica-se o desenvolvimento de um novo conceito de PSRS para a avaliação e gestão de riscos considerados ao longo das etapas que compõem tais sistemas: recolha, transporte, triagem, reciclagem, incineração, compostagem e deposição final em aterro sanitário, incluindo as fases do projeto inicial, construção, monitorização, encerramento e pós-clausura dos aterros. Esta abordagem inclui a identificação e a priorização de riscos e a introdução de pontos de controlo e de medidas de controlo consideradas fundamentais para a eliminação ou mitigação desses riscos.

Um sistema de RSU comporta perigos e riscos para saúde pública e ambiente sendo extremamente necessário prevê-los e minimizá-los. O objetivo do PSRS é a promoção de um sistema mais seguro e mais eficaz na proteção da saúde pública e do ambiente. O PSRS funciona como um manual para o funcionamento correto e seguro de todas as etapas do sistema de gestão de resíduos, desde a coleta até a deposição final. Desta forma, o manual de PSRS fornece informações práticas para garantir uma alta qualidade nos serviços de gestão de RSU. Este instrumento assume elevada relevância para decisores políticos, agências reguladoras, entidades gestoras de resíduos, profissionais de saúde e ambiente, educadores e líderes de comunidades.

O PSRS não se destina a ser utilizado no planeamento e conceção de novos sistemas de gestão de resíduos de grande dimensão. Nestes casos, o planeamento deve ser complementado por

estudos especializados, tais como avaliações de impacto na saúde (AIS). Uma vez desenvolvido o sistema, o PSRS pode ser utilizado como uma ferramenta de gestão. Este manual apresenta o processo de PSRS em seis módulos (Figura 42).

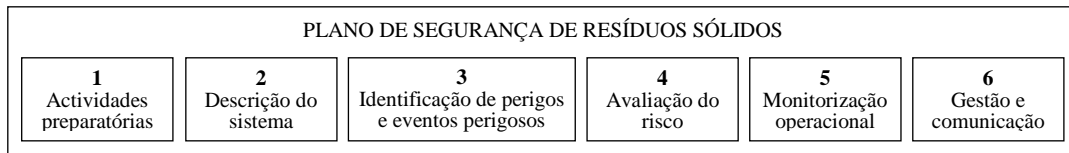


Figura 42 - Módulos do PSRS

A garantia da qualidade do sistema de gestão de RSU constitui elemento essencial das políticas de saúde pública e ambiental, já que ambos podem ser afetados através do contacto directo ou indirecto com resíduos. A administração pública tem como responsabilidade promover, otimizar e preservar a saúde, partindo deste princípio, deve-se definir políticas para viabilizar a implementação do PSRS nos sistemas em funcionamento. O PSRS é uma ferramenta que tem como finalidade estabelecer uma metodologia de avaliação e gestão de riscos em sistema de gestão de RSU por forma definir e monitorizar medidas de controlo que garantam a proteção da saúde pública e a preservação da qualidade ambiental. Com o auxílio desta ferramenta é possível compreender e contornar a vulnerabilidade dos sistemas a potenciais perigos e eventos perigosos, contribuindo para aumentar a segurança destas infraestruturas sanitárias.

Assim como no Plano de Segurança de Saneamento e no Plano de Segurança da Água, o contexto favorável ao PSRS deve incluir os três quesitos fundamentais:

- Abordagens de avaliação e gestão de risco em políticas nacionais;
- Implementação do PSRS pelas agências responsáveis pelo sistema de gestão de resíduos sólidos;
- Monitorização do PSRS supervisionado por uma instituição de vigilância independente.

Como referido anteriormente, com base em uma abordagem bem-sucedida da gestão de riscos para os sistemas de abastecimento de água potável e saneamento, foi desenvolvido um novo

conceito de PSRS com propósito similar, considerando a natureza específica de um sistema de recolha, tratamento e eliminação de resíduos.

Nos Quadros 19 e 20 apresentam-se as semelhanças e diferenças nas três abordagens citadas.

Quadro 19 - Semelhanças e diferenças entre PSRS e PSA

	Plano de Segurança de Resíduos Sólidos	Plano de Segurança de Água
Semelhanças	Baseado nos guias da OMS para o Uso e Eliminação Segura de Águas Residuais, Águas Cinzentas e Dejetos e nos guias da OMS para a Qualidade da Água para Consumo Humano	Baseado nos guias da OMS para a Qualidade da Água para Consumo Humano
	Usa a gestão do risco	Usa a gestão do risco
	Etapas principais: avaliação do sistema; monitorização; gestão	Etapas principais: avaliação do sistema; monitorização; gestão
	Segue a cadeia do sistema de RSU	Segue a cadeia de abastecimento de água
Diferenças	Considera vários grupos expostos a perigos de carácter físico, biológico, químico ou radiológico	Considera um único grupo exposto a perigos de carácter físico, biológico e químico
	Objetivos: reduzir os impactos negativos sobre a saúde e ambiente após o descarte inicial dos RSU, enquanto reduzir os riscos envolvidos e otimiza os sistemas de tratamento e deposição final	Objetivos: garantir consistentemente a segurança e a aceitabilidade dum abastecimento de água e reduzir o risco de contaminação da água
	Contexto estudado: desde o descarte inicial do resíduo até sua eliminação	Contexto estudado: desde os pontos de captação de água até o ponto de entrega ao usuário

Quadro 20 - Semelhanças e diferenças entre PSRS e PSS

	Plano de Segurança de Resíduos Sólidos	Plano de Segurança de Saneamento
Semelhanças	Baseado nos guias da OMS para o Uso e Eliminação Segura de Águas Residuais, Águas Cinzentas e Dejetos e nos guias da OMS para a Qualidade da Água para Consumo Humano	Baseado nos guias da OMS para o Uso e Eliminação Segura de Águas Residuais, Águas Cinzentas e Dejetos
	Usa a gestão do risco	Usa a gestão do risco
	Etapas principais: avaliação do sistema; monitorização; gestão	Etapas principais: avaliação do sistema; monitorização; gestão
	Segue a cadeia do sistema de RSU	Segue a cadeia de saneamento
Diferenças	Considera vários grupos expostos a perigos de carácter físico, biológico, químico ou radiológico	Considera vários grupos expostos a perigos de carácter físico, biológico e químico
	Objetivos: reduzir os impactos negativos sobre a saúde e ambiente após o descarte inicial dos RSU, enquanto reduzir os riscos envolvidos e otimiza os sistemas de tratamento e deposição final	Objetivos: reduzir os impactos negativos sobre a saúde do uso de águas residuais, dejetos ou águas cinzentas, enquanto maximiza os benefícios da sua utilização
	Contexto estudado: desde o descarte inicial do resíduo até sua eliminação	Contexto estudado: desde a produção do resíduo até seu uso e eliminação

Este capítulo destinou-se a descrever o PSRS, o qual foi escrito em forma a ser utilizado como um manual para recolha, transporte, triagem, tratamento e deposição final de resíduos sólidos. O Manual é dividido em 6 Módulos, cada um representando uma etapa chave no processo de desenvolvimento e implementação do PSRS. Cada Módulo é dividido em subsecções, onde apresentam-se dados e conceitos que auxiliam para o entendimento dos diversos aspectos do PSRS.

Módulo 1 Actividades Preparatórias

Este primeiro módulo para o PSRS é de fundamental importância, pois é o momento em que são definidos os objetivos do sistema, incluindo os níveis de qualidade, quais processos serão analisados e os critérios que serão utilizados na avaliação do risco. Para além disso, é necessário identificar a organização líder e os elementos que devem formar a equipa.

O Módulo 1 é dividido em 3 submódulos, são eles:

Módulo 1.1 descreve a vulnerabilidade relativa a impactos na saúde e no ambiente causados por deficiências dos sistemas atuais para gestão de resíduos sólidos. Neste módulo são determinados quais os riscos que devem ser considerados como prioritários.

Módulo 1.2 esclarece os objetivos de saúde pública definidos pelo Ministério da Saúde e em níveis de preservação da qualidade ambiental estipulados pelas agências reguladoras ambientais para sistemas de gestão de RSU.

Módulo 1.3 especifica as competências e cargos necessários para implementar o PSRS e garantir o funcionamento eficiente de um sistema de RSU.

Módulo 1.1 Determinar as áreas prioritárias ou atividades

Este módulo apresenta elevada relevância para órgãos públicos e empresas do ramo de resíduos sólidos, saúde pública e qualidade ambiental. A importância do módulo 1.1 se dá pelo fato de que o PSRS deve garantir que os principais riscos para a saúde e ambiente sejam evitados e/ou

minimizados e assim, assegurar um sistema mais eficiente e que apresenta menores impactos negativos.

A implementação deste módulo depende inteiramente da formação de uma equipa responsável por identificar as áreas prioritárias do PSRS de uma determinada região. Para além de identificar as áreas prioritárias, a equipa deve acompanhar as necessidades e mudanças da realidade local para oferecer dados constantemente atualizados.

As áreas prioritárias ou atividades devem ser definidos pela equipa através do estudo de todos os aspetos relativos ao sistema de RSU:

- Pontos de produção de resíduos, tratamento, recolha, triagem e eliminação, com especial ênfase nos fluxos de resíduos que recebem tratamento inadequado ou desconhecido;
- Tipo e condições das instalações sanitárias, incluindo a localização;
- Deposição de resíduos não tratados ou parcialmente tratados em locais inapropriados e os impactos dessa ação.

Também deve-se ponderar os fatores agravantes, como:

- Áreas com um número elevado de casos reportados ou suspeitos de doenças relacionadas com o sistema de gestão de resíduos;
- Áreas com elevada densidade populacional;
- Populações com maior nível de exposição aos impactos dos sistemas de RSU (trabalhadores, comunidade local e agricultores);
- Áreas vulneráveis;
- Áreas com serviço deficiente ou até mesmo sem acesso a algum sistema para gestão de resíduos.

Módulo 1.2 Definir objetivos do sistema

Os sistemas de RSU podem induzir situações de riscos potenciais, implicando impactos nocivos, principalmente, para a saúde humana. O objetivo global do PSRS é reduzir significativamente esses impactos, protegendo a saúde pública e permitindo bons padrões de qualidade ambiental. Os objetivos específicos do PSRS auxiliam a alcançar o objetivo geral. Seguidamente apresentam-se alguns objetivos típicos do PSRS:

- Minimizar os riscos que ocorrem durante o desempenho das etapas dos sistemas de RSU: recolha, triagem, tratamentos e deposição final em aterros sanitários;
- Garantir que os produtos de agricultura produzidos utilizando compostos originários de resíduos orgânicos são seguros e que consistentemente cumprem os requisitos de qualidade, bem como proteger a saúde dos agricultores;
Proteger a saúde humana, promover a segurança dos trabalhadores e utilizadores, e melhorar a proteção do ambiente;
- Estimular alterações de políticas públicas e desenvolvimento de instrumentos que viabilizem a implementação do PSRS e, por conseguinte promover melhores condições de saúde pública e maior qualidade do ambiente;
- Incentivar a participação nas decisões políticas e mudanças de hábitos de consumo e descarte de resíduos da população, estabelecendo um compromisso entre a sociedade e o estado em nome do bem-estar geral.

Módulo 1.3 Constituir a equipa

A fim de garantir que o serviço oferecido seja eficiente e o PSRS executado adequadamente, a equipa formada deve abranger profissionais especialistas com competências necessárias para identificar os problemas, compreender o funcionamento de todo o sistema e implementar melhorias em todas as etapas do sistema de resíduos sólidos. Além das competências técnicas, também é indispensável a presença de representantes de todas as partes interessadas, incluindo os principais grupos expostos aos possíveis efeitos nocivos do sistema.

No sentido de assegurar que a equipa inclui membros que representam todas as partes interessadas propõe-se que seja realizada uma análise das partes interessadas. Na Figura 43 apresenta-se um esquema da análise.

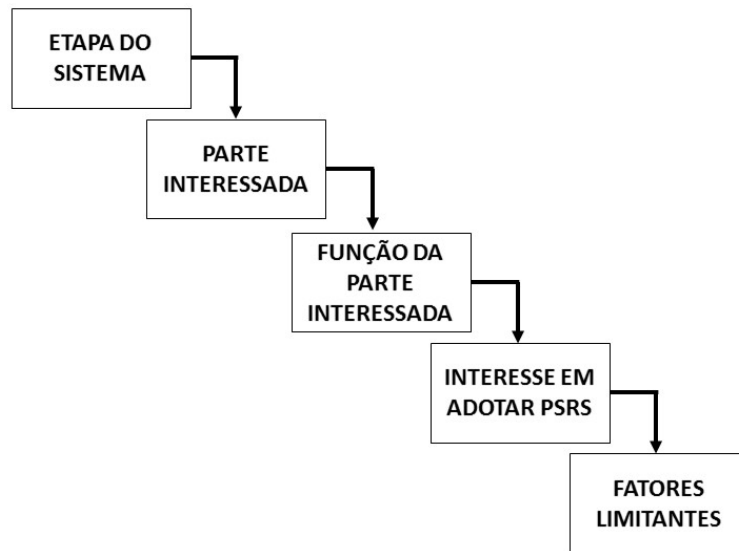


Figura 43 - Análise das partes interessadas

A equipa do PSRS deve nomear um coordenador, que deve ser uma pessoa qualificada com competência para designar funções e manter o foco de acordo com os objetivos previamente estabelecidos. Dentre os componentes da equipa devem-se incluir pessoas com competências técnicas, gestão financeira e na área da saúde e ambiente para que, em conjunto, sejam capazes de definir o sistema, identificar eventos perigosos e compreender a forma como os riscos podem ser mitigados e/ou controlados.

A função de cada membro da equipa, ou seja, os procedimentos operacionais, deve ser documentada em relatórios detalhados com todas as medidas necessárias para a realização de uma tarefa, incluindo a frequência com que ocorre, o responsável e os equipamentos necessários. É essencial o apontamento dos pontos críticos de cada tarefa, bem como sua revisão ocasionalmente.

Em casos onde não haja profissionais qualificados para qualquer dos cargos necessários, o coordenador deve procurar suporte externo.

Módulo 2 Descrição do Sistema

O Módulo 2 apresenta uma descrição completa das etapas dos sistemas de Resíduos Sólidos, esta etapa é essencial para compreensão do sistema e para a realização dos Módulos subsequentes.

O Módulo 2 é dividido em 5 submódulos, são eles:

Módulo 2.1 apresenta a descrição do sistema através de um diagrama de fluxo que identifica todos os componentes do sistema. Este módulo contém informações sobre os equipamentos e estruturas utilizados, os produtos que entram e saem e pessoas envolvidas nos processos.

Módulo 2.2 destaca a composição e as características dos RSU.

Módulo 2.3 estuda quem ou o que está exposto, as possíveis rotas de contaminação e o período de exposição aos agentes de perigo. Neste módulo também é apresentado um diagrama de fluxo referindo-se as classes de população com uma exposição mais directa relativamente a cada uma das etapas do sistema.

Módulo 2.4 trata da compilação e elaboração de documentos e protocolos de informações de contexto do sistema, especificamente dados sobre políticas e medidas legais, características geológicas e climáticas da região, status social e econômico da população, práticas culturais e dados sobre as características do funcionamento e vulnerabilidades do sistema local.

Módulo 2.5 garante que a descrição do sistema está completa e precisa. Nesta fase são identificados os requisitos de informação e potenciais lacunas institucionais.

Módulo 2.1 Mapear o sistema

A descrição do sistema é indispensável para a boa compreensão do mesmo e para a realização das etapas subsequentes. Como cada sistema é único, a sua descrição deve ser específica. O método mais utilizado para descrição do sistema é por mapeamento através de diagrama de fluxo que identifica todos os componentes do sistema. Nesta etapa é necessário recolher

informações sobre os equipamentos e estruturas utilizados, os produtos que entram e saem e pessoas envolvidas nos processos (WHO 2016a).

Na Figura 44, apresenta-se um exemplo de um diagrama de fluxo simplificado com etapas que constituem um sistema de RSU. As etapas consideradas foram: recolha e transporte; armazenamento e triagem; compostagem; incineração; reciclagem; e deposição em aterro sanitário.

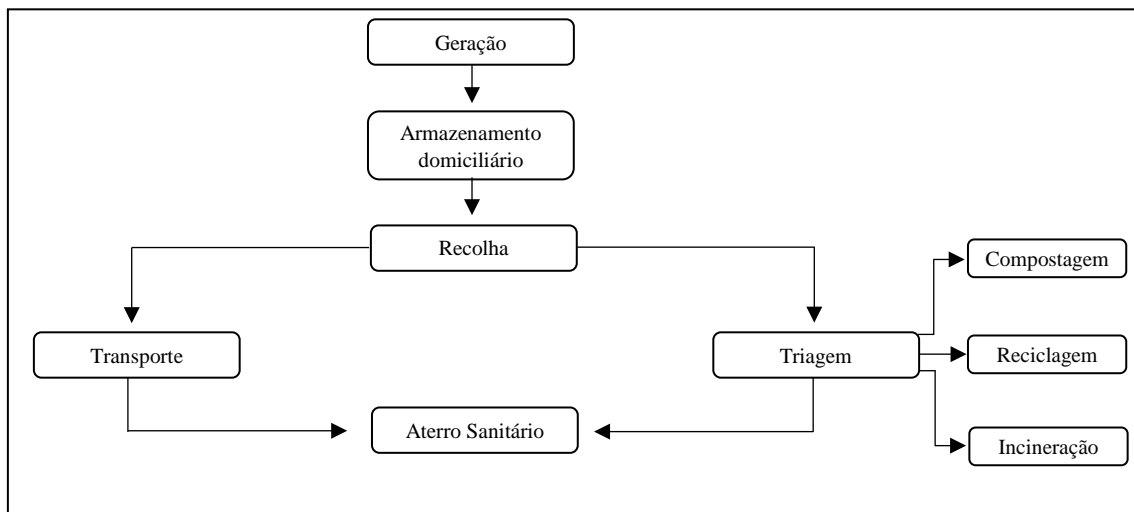


Figura 44 - Diagrama de fluxo de um sistema de RSU

Dispor de certas informações é de fundamental importância para a construção de um bom mapa, são elas:

- Características dos resíduos;
- Composição dos resíduos;
- Capacidade de processamento de cada etapa do sistema;
- Identificação dos pontos de contaminação do sistema;
- Identificação dos usuários do sistema e as localidades que não tem acesso ao serviço.

Módulo 2.2 Caracterizar as frações dos resíduos

O mapa do sistema elaborado no Módulo 2.1 aponta os possíveis destinos dos resíduos em sistemas de resíduos sólidos. Já este módulo, tem a finalidade de identificar todos os diferentes fluxos no sistema de RSU e caracterizá-los. A caracterização destes fluxos é fundamental para viabilizar a identificação de perigos e eventos perigosos no módulo 3, pois contribui para o compreender todos os elementos do sistema.

A caracterização dos fluxos de resíduos deve considerar uma série de fatores, como a origem dos resíduos, material, periculosidade e propriedades físicas. Também deve-se incluir a parte da população que está envolvida em cada fluxo.

Nas Figuras 45 e 46 apresentam-se diagramas referentes à classificação dos resíduos.

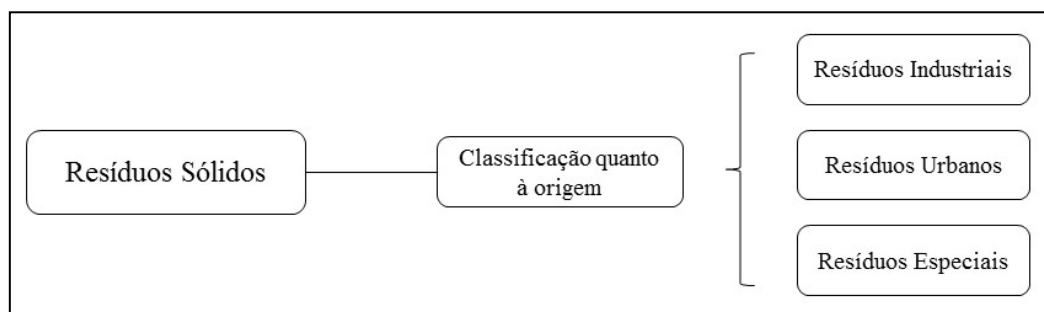


Figura 45 - Classificação dos resíduos sólidos quanto à sua origem

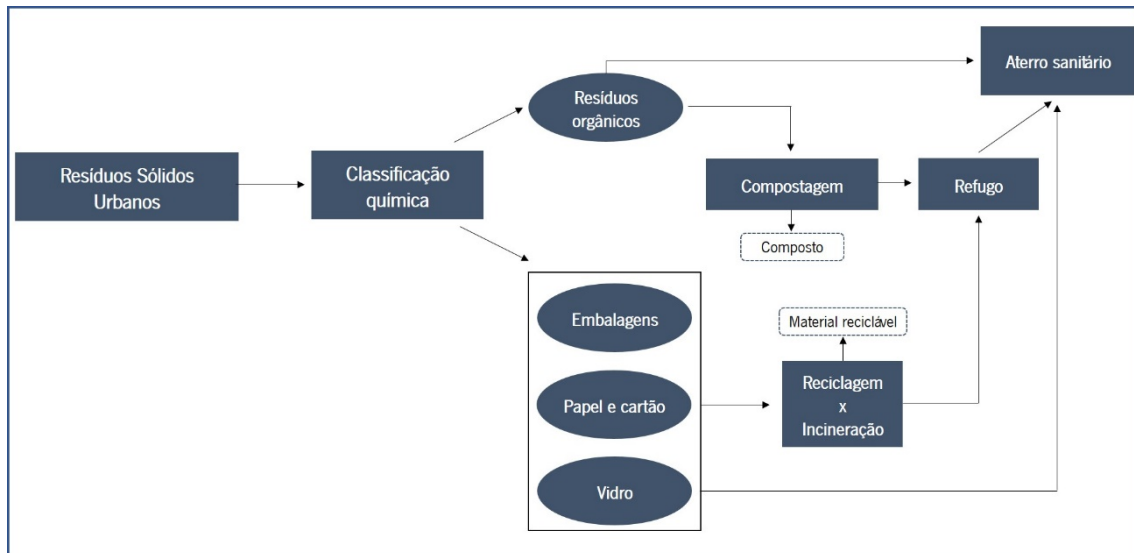


Figura 46 - Classificação química dos resíduos sólidos urbanos

Módulo 2.3 Identificar potenciais grupos expostos

O Módulo 2.3 identifica os potenciais grupos expostos aos perigos dos sistemas de resíduos sólidos, a fim de classificar a população com uma exposição mais directa relativamente a cada uma das etapas dos sistemas. A identificação dos grupos expostos é um módulo de grande valor para todo o planeamento de segurança, pois acrescenta informações fundamentais para a posterior priorização de riscos e para o processo de tomada de decisão.

Os grupos expostos de interesse para o PSRS são divididos em classes e apresentam-se identificados no Quadro 21. As classes dos grupos expostos podem ser adicionadas ao diagrama de fluxo de um sistema de RSU apresentado no Módulo 2.1, como apresentado na Figura 47.

Quadro 21 - Classes de população exposta a perigos e eventos perigosos

Sigla	Classe	Descrição
C	Consumidores	Pessoas que consomem ou utilizam produtos que foram produzidos a partir do processo de gestão de RSU
A	Agricultores	Pessoas que manipulam produtos do processo de gestão de RSU
L	Comunidade local	Pessoas que moram nas proximidades de etapas de sistemas de RSU
T	Trabalhadores	Responsáveis pela manutenção, limpeza ou operação de sistemas de RSU

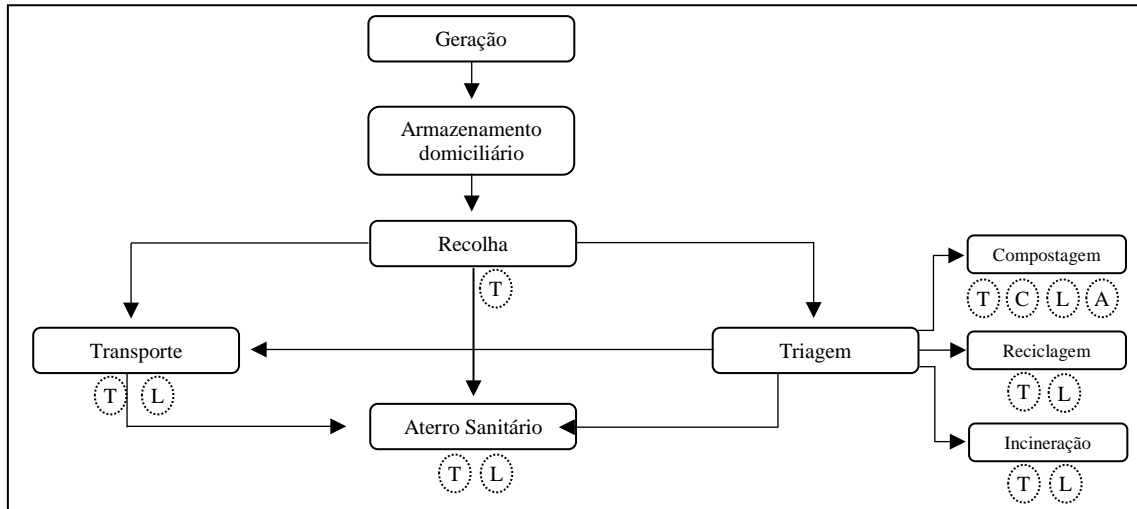


Figura 47 - Diagrama de fluxo de um sistema de RSU com referência de exposição da população

Módulo 2.4 Compilar informação de contexto e de conformidade

A equipa constituída tem a responsabilidade de elaborar documentos e protocolos com as informações de interesse para a construção do plano de segurança, bem como para a implementação do mesmo. Estes documentos, também devem apontar a inexistência de dados.

A documentação deve conter informações sobre:

- Normas de qualidade relevantes, e requisitos de certificação e de auditoria;
- Informação relacionada com a gestão e desempenho do sistema;
- Dados demográficos e usos do solo;
- Alterações relacionadas com o clima ou outras condições sazonais.

A caracterização das frações de resíduos realizada anteriormente, é fundamental para identificar os perigos e eventos perigosos para saúde humana e para o ambiente associados aos RSU. Contudo, os dados recolhidos no presente módulo são igualmente importantes, pois caracterizam os perigos previamente identificados.

Módulo 2.5 Validar a descrição do sistema

A realização das atividades dos Módulos 2.1 a 2.4 deve ser seguida da validação da descrição dos sistema. A atividade do presente Módulo, deve ser realizada através de pesquisas de campo ou ainda de outros estudos. No final deste Módulo, a equipa designada para esta função deve ser capaz de descrever as características e o desempenho do sistema.

Existem muitos métodos disponíveis para a realização das investigações de campo, alguns exemplos são as inspeções e vigilância sanitária, entrevistas com pessoas relevantes, discussões em grupo e análises laboratoriais a partir de amostras recolhidas durante as visitas de campo. A escolha deverá ser determinada de acordo com as especificidades de cada situação.

Módulo 3 Identificação dos Perigos e Eventos Perigosos

O Módulo 3 tem como foco central estudar o funcionamento do sistema, os agentes de perigo, quem ou o que está exposto, as rotas e o período de exposição, para em seguida, avaliar e priorizar os riscos para saúde. Este Módulo é essencial para garantir a qualidade do sistema de gestão de resíduos sólidos.

O Módulo 3 é dividido em 4 submódulos, são eles:

Módulo 3.1 identifica os perigos e eventos perigosos presentes em cada uma das etapas do sistema de resíduos sólidos.

Módulo 3.2 identifica quem pode estar em exposição ao risco e como podem ocorrer os eventos perigosos durante o funcionamento do sistema de resíduos sólidos.

Módulo 3.3 determina se o sistema existente protege as pessoas e o ambiente expostos ao risco.

Módulo 3.4 fornece uma estrutura para identificar e priorizar os maiores riscos, para uma posterior análise mais aprofundada.

Módulo 3.1 Identificar os perigos e eventos perigosos

O Módulo 3.1 dedica-se a identificar e analisar as fontes de perigo que podem ocasionar impactos no funcionamento do sistema, para os trabalhadores, consumidores, comunidade local e agricultores. A realização desta etapa depende da coleta de todos os dados disponíveis sobre: características do funcionamento do sistema e dos produtos produzidos; ambiente ao redor da estrutura do empreendimento, inclusive os dados de impactos ambientais, características geológicas e climáticas da região e status social e econômico da população; e informações sobre eventos perigosos que já ocorreram.

A equipa deve identificar os perigos e eventos perigosos associados, em cada etapa do sistema de resíduos previamente descritos no Módulo 2, devendo considerar:

- Eventos perigosos relacionados com a operação em condições normais de funcionamento do sistema (infraestrutura deteriorada, sobrecarga do sistema, falta de manutenção, comportamentos inadequados);
- Eventos perigosos devido a uma falha do sistema ou a um incidente (falha parcial ou total do tratamento, falhas de energia, avaria de equipamento, erro do operador);
- Eventos perigosos relacionados com fatores sazonais ou climáticos (inundações ou seca, mudanças sazonais de comportamento por parte dos trabalhadores agrícolas, trabalhadores agrícolas sazonais);
- Eventos perigosos ou perigos indiretos (os perigos que potencialmente afetam as pessoas não diretamente envolvidas no sistema de resíduos, como através de micro e macro vetores);
- Perigos cumulativos (químicos nos solos, na água e no ar).

O processo de identificação dos perigos e eventos perigosos pode se dar através das seguintes ferramentas:

- Revisões de documentação;
- Técnicas de coleta de informação;
- Análises de listas de verificação;
- Análise das premissas;

- Opinião especializada.

As equipas responsáveis pela identificação dos perigos e eventos perigosos também devem estudar as diferentes circunstâncias em que cada situação de perigo pode ocorrer (situação normal e situação de emergência), para assim, determinar diferentes níveis de riscos.

A Figura 48 apresenta alguns dos perigos típicos em sistemas de RSU.



Figura 48 - Tipos de perigos oferecidos por sistemas de RSU e exemplos

Módulo 3.2 Identificar grupos expostos e vias de exposição

O presente Módulo deve complementar as informações já apresentadas no Módulo 2.3.

Além dos grupos expostos já identificados anteriormente: consumidores, agricultores, comunidade local e trabalhadores, o esquema a seguir pode auxiliar na identificação de todos os grupos de pessoas que deve ser considerado para cada evento perigoso identificado.

O estudo dos dados demográficos da região onde se encontra o sistema de resíduos sólidos é fundamental para esta etapa, pois género e idade, por exemplo, são fatores que têm grande impacto no risco associado aos eventos perigosos.

A Figura 49 apresenta uma série de questões fundamentais que devem ser respondidas a fim de identificar os grupos expostos e as vias de exposição.

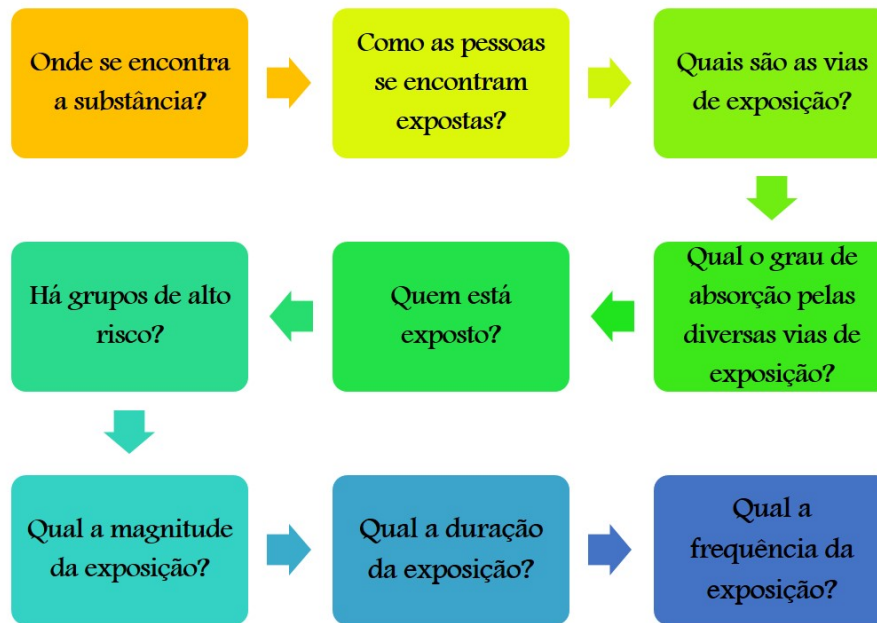


Figura 49 - Questões importantes para ajudar a identificar os grupos expostos e as vias de exposição

A Figura 50 apresenta um esquema que ilustra as principais emissões provenientes dos resíduos sólidos, as vias de exposição e de transmissão que devem ser considerados no PSRS.

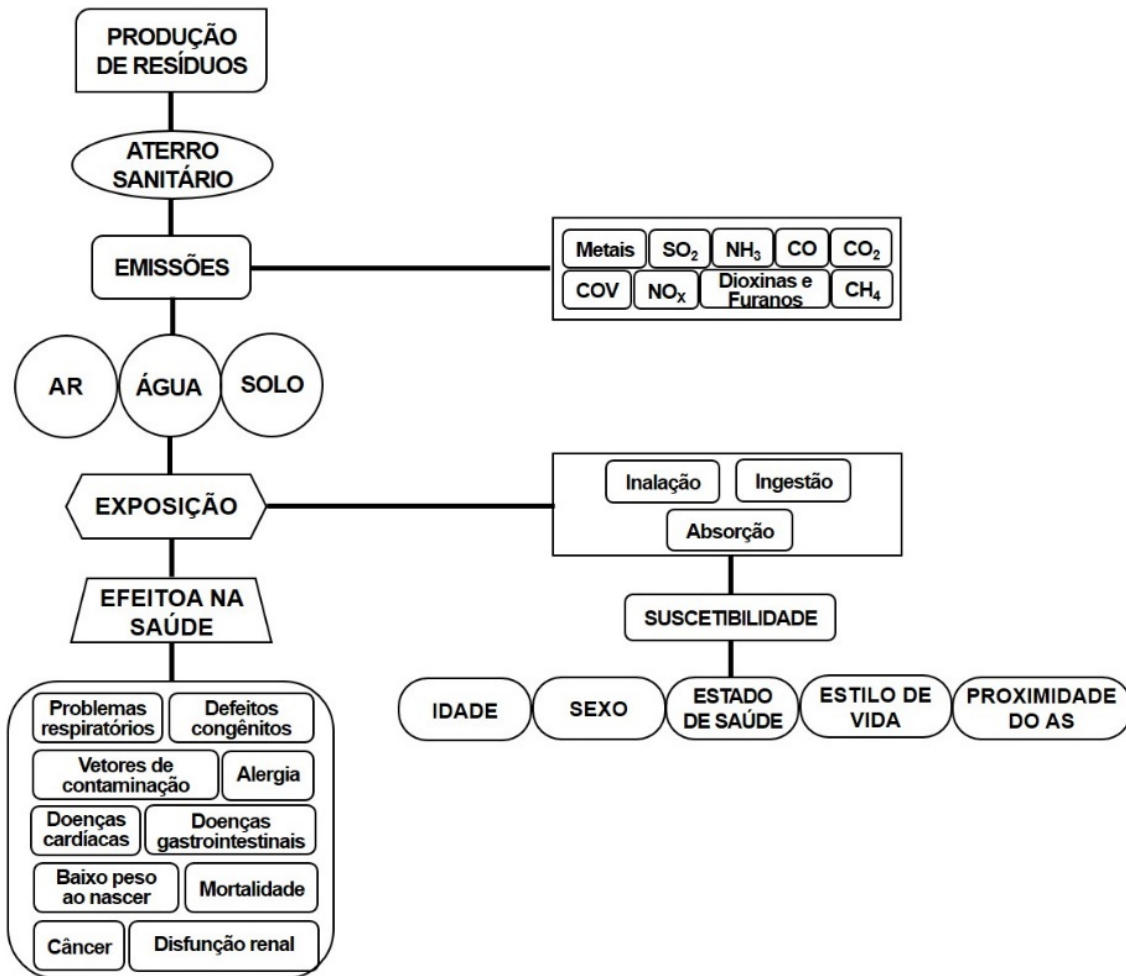


Figura 50 - Principais emissões provenientes dos resíduos sólidos, as vias de exposição e de transmissão

Módulo 3.3 Identificar e avaliar as medidas de controlo existentes

A implementação de medidas de controlo devem ser definidas para cada evento perigoso identificado e para o seu efetivo controlo pressupõe que se dedique uma atenção especial a diversos fatores, nomeadamente, deficiências de ordem técnica, produtos químicos emergentes e microrganismos patogénicos presentes nos resíduos sólidos municipais (domésticos e industriais), bem como o nosso conhecimento científico referente aos seus impactos e persistência no ambiente.

Tais medidas dependem da magnitude causada pelos eventos perigosos e com os critérios de tolerância ao risco, que devem ser estabelecidos pela organização. Dessa forma, é possível determinar se os riscos e/ou sua magnitude são aceitáveis e estabelecer a base e fundamento para a decisão de quais medidas de controlo devem ser aplicadas.

Após a definição das medidas de controlo, deve ser realizada uma avaliação quanto a eficiência das medidas diante dos riscos oferecidos pelo sistema. Para avaliar a eficácia da medida de controlo alguns fatores devem ser considerados, são eles:

- A eficácia que a medida de controlo existente pode ter (assumindo que tenha funcionado bem em todos os momentos): este ponto é referido como validação da medida de controlo.
- A eficácia que a medida de controlo existente tem na prática, tendo em conta as condições atuais do local, o efetivo cumprimento das regras e regulamentos existentes e as práticas atuais de operação.

O processo para definir as medidas de controlo é complexo, pois envolve considerar uma série de fatores, como citado anteriormente, inclusive situações imprevisíveis, como em casos de erros humanos, visto que o comportamento humano nem sempre é constante e racional. No Quadro 23 apresentam-se os tipos de medidas de controlo e exemplos de cada tipo.

Quadro 22 - Tipos e exemplos de medidas de controlo de risco

Medidas de controlo	
Tipo de medida de controlo	Exemplos
Tecnológica	Camiões de coleta; Equipamentos de triagem; Tratamento biológico; Tratamento químico; Lavagem e desinfecção de resíduos.
Não tecnológica	Período de armazenamento de resíduos; Higiene dos armazéns; Controlo de vetores e hospedeiros intermediários; Vacinação preventiva.
Comportamental	Uso de equipamento de proteção individual (EPI's); Acesso restrito a locais de tratamento ou de operação; Desinfectar, lavar e cozinhar os produtos agrícolas.

Módulo 3.4 Avaliar e priorizar o risco de exposição

Os objetivos desta etapa são caracterizar e priorizar os riscos que devem ser tratados e tomar as decisões referentes ao tratamento dos mesmos, o que auxilia os gestores a ordenar os recursos disponíveis de maneira que atenda as reais necessidades do sistema de RSU.

A avaliação de risco no PSRS pode ser realizada através do uso de metodologias de natureza qualitativa, semiquantitativa ou quantitativa.

Avaliação qualitativa do risco

As avaliações qualitativas não fornecem resultados concretos ou numéricos, mas em determinadas situações seu resultado é suficiente para alcançar os objetivos da gestão de risco. A especificidade do resultado dependerá da ferramenta e técnica utilizada, já que a quantidade de elementos que serão analisados pode variar.

Este método pode ser aplicado nas etapas do sistema onde os riscos são baixos e por isso, o investimento de tempo e recursos para a realização de uma análise mais detalhada não são justificados. Além disso, sua utilização pode ser decorrente de dados insuficientes para uma análise quantitativa ou ainda para anteceder a avaliação quantitativa, nestes casos os resultados qualitativos são utilizados como um estudo inicial.

As principais ferramentas são: brainstorming, matriz de consequência e probabilidade, análise causa-efeito e listas de verificação. Durante a avaliação qualitativa os riscos são classificados em alto, médio, baixo ou incerto/desconhecido.

Avaliação semi-quantitativa do risco

A avaliação semi-quantitativa do risco fornece um nível intermediário entre a avaliação qualitativa (nominal) e a quantitativa (numérica). Esta metodologia de análise do risco promove uma abordagem mais consistente e detalhada do que a avaliação qualitativa, além de não requerer as

mesmas competências matemáticas e quantidade de dados exigidas pelas análises quantitativas. Sua aplicação se dá principalmente em situações onde não existem dados muito precisos e se tem a finalidade de otimizar a distribuição de recursos da organização.

A principal ferramenta utilizada para análise semiquantitativa é o Método de Matriz de consequência e probabilidade. As classificações são baseadas em escalas, em uma delas é descrita a estimativa de frequência com que o evento perigoso pode ocorrer, e em uma segunda escala é descrita a severidade das suas consequências (ver exemplos nas Tabelas 5 e 6). Em seguida é feito o cruzamento das duas escalas para montagem da matriz de classificação de riscos, como apresentado na Figura 51.

Tabela 5 - Probabilidade de Ocorrência (exemplo de escala, adaptado de WHO 2004)

Probabilidade de ocorrência	Descrição	Peso
Quase certa	Espera-se que ocorra 1 vez por dia	5
Muito provável	Vai acontecer provavelmente 1 vez por semana	4
Provável	Vai ocorrer provavelmente 1 vez por mês	3
Pouco provável	Pode ocorrer 1 vez por ano	2
Raro	Pode ocorrer em situações excepcionais (1 vez em 10 anos)	1

Tabela 6 - Severidade de Consequências (exemplo de escala, adaptado de WHO 2004)

Severidade das consequências	Descrição	Peso
Catastrófica	Letal para uma parte significativa da população ($\geq 20\%$)	5
Grande	Letal para uma pequena parte da população ($< 10\%$)	4
Moderada	Nocivo para uma parte significativa da população ($\geq 10\%$)	3
Pequena	Nocivo para uma pequena parte da população ($< 10\%$)	2
Insignificante	Sem qualquer impacto detectável	1

Probabilidade de Ocorrência	Severidade das consequências				
	Insignificante	Pequena	Moderada	Grande	Catastrófica
Quase certa	5	10	15	20	25
Muito provável	4	8	12	16	20
Provável	3	6	9	12	15
Pouco provável	2	4	6	8	10
Raro	1	2	3	4	5

Figura 51 - Exemplo de Matriz de Riscos Semiquantitativa

Avaliação quantitativa do risco

A análise quantitativa somente pode ser realizada após a priorização dos riscos, que são baseadas na análise qualitativa inicial. Este método é o que melhor especifica a probabilidade de um evento perigoso, pois permite atribuir valores de ocorrência para os vários riscos identificados em um mesmo sistema. Sendo assim, os estudos quantitativos avaliam os riscos associados com todos os aspectos do sistema, desde a construção e operação até a retirada do serviço. Por essa razão, a avaliação quantitativa é recomendada quando o projeto necessita de uma visão global da probabilidade dos riscos.

Esta metodologia é mais complexa, portanto necessita de maiores investimentos para sua realização, incluindo uma maior base de dados históricos, o que diminui os índices de incerteza da análise. O resultado final desse modelo de análise é dado principalmente na forma de uma curva de risco e das incertezas associadas, podendo também aparecer em forma de matriz, dependendo da ferramenta e técnica matemática escolhida para calcular os impactos dos riscos.

A Figura 52 apresenta uma síntese dos riscos para saúde associados com o contacto direto e indireto com RSU e seus derivados. Esta informação ajudará as equipas do PSRS na avaliação da severidade dos eventos perigosos relacionados com o sistema de resíduos sólidos.

DOENÇA	DEFEITOS CONGÊNITOS	BAIXO PESO AO NASCER	PROBLEMAS RESPIRATORIOS	PROBLEMAS CARDIOVASCULARES	DISFUNÇÕES RENAIIS
CAUSA	EXPOSIÇÃO A SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS TÓXICAS	EXPOSIÇÃO A SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS TOXICAS	EMISSÃO DE GASES	EMISSÃO DE GASES DO EFEITO ESTUFA	CONTATO COM METAIS PESADOS (Pb)
AUTORES	Elliott, et al., 2001a Elliott, et al., 2001b Giusti, 2009 Goldman & Paigen, 1985	Elliott, et al., 2001a Elliott, et al., 2001b	Giusti, 2009 Palmiotto, et al., 2014 Vrijheid, 2000 Perez, Frank, & Zimmerman, 2006	Elliott, et al., 2001a Giusti, 2009	Staessen et al. 2001
DOENÇA	CÂNCER	CONTAMINAÇÃO POR VETORES	DOENÇAS GASTROINTESTINAIS	ALERGIAS E PROBLEMAS DERMATOLÓGICOS	ALTERAÇÕES GENÉTICAS
CAUSA	CONTATO COM METAIS PESADOS, COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS, SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS TÓXICAS E CANCERÍGENAS	MALÁRIA; CÓLERA; TOXOPLASMOSE; TENÍASE; CISTICERCOSE; FEBRE TIFÓIDE; GIARDÍASE; FEBRE AMARELA; DENGUE; LEPTOSPIROSE; LEISHMANIOSE; TIFO MURINHO; AMEBÍASE; DISENTERIA; ASCARIDÍASE	CONTATO DIRETO CM OS RESÍDUOS SÓLIDOS DURANTE A TRIAGEM; INGESTÃO DE ÁGUA CONTAMINADA POR CHORUME	EXPOSIÇÃO CRÔNICA AO ODOR E POEIRA	CONTATO COM COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS
AUTORES	Vrijheid, 2000 Jarup, et al., 2002	Giusti, 2009 Santos, 2008	Saffron, Giusti, & Pheby, 2003 Perez, Frank, & Zimmerman, 2006	EA, 2011 Perez, Frank, & Zimmerman, 2006	Staessen et al. 2001

Figura 52 - Riscos para a saúde associados com o sistema de gestão de RSU

Módulo 4 Análise e Avaliação do Risco

Nem sempre será possível ou necessário realizar o tratamento dos riscos, por essa razão, cabe aos gestores estabelecer e elaborar documentos com os níveis de tolerância de riscos que a organização está disposta a assumir. Este documento servirá de auxílio para decidir quando é necessário lidar com as ameaças. Se a avaliação e a priorização dos riscos no Módulo 3 identificar que não são necessárias melhorias, deverá avançar-se para os Módulos 5 e 6 para definir a monitorização e os programas de suporte para o sistema.

O Módulo 4 é dividido em 2 submódulos, são eles:

Módulo 4.1 apresenta alternativas de natureza variada para controlar os riscos identificados no Módulo 3. Estas podem incluir planos de curto e longo prazo, alternativas tecnológicas, não tecnológicas ou comportamentais, em diferentes locais ao longo do sistema de resíduos sólidos e a elaboração de um documento contendo um plano de ações alternativas com base nas alternativas de controlo apontadas.

Módulo 4.2 implementa o plano de melhoria com as ações a realizar pela respetiva organização responsável.

Módulo 4.1 Controlo dos riscos identificados e desenvolvimento de um plano de melhoria

O Módulo 3 permite, à equipa do PSRS, compilar perigos e eventos perigosos oferecidos pelo sistema de gestão de RSU, além de classificá-los de acordo com o seu respetivo nível de risco.

Na sequência, devem ser analisadas as alternativas disponíveis para controlo dos riscos identificados, ou seja, ocorre as tomadas de decisão. A opção de controlo escolhida pela equipa do PSRS deve ser documentada no plano de melhoria.

Failing e Harstone (2012) desenharam uma estrutura para tomada de decisões, a qual obedece uma ordem que se inicia pelo entendimento do problema, eleição de quem deve tomar a decisão, quais as alternativas disponíveis e as consequências, considerando os interesses da

organização. Essa estrutura pode auxiliar no processo de tomada de decisão dentro do PSRS. Ver na Figura 53 a estrutura para tomada de decisões.

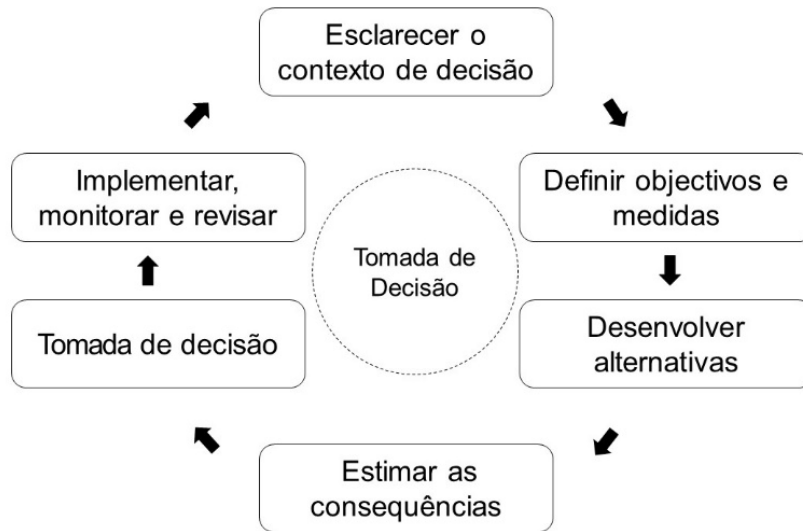


Figura 53 - Estrutura para tomada de decisões

O plano de melhoria consiste em um documento que apresenta a alternativa de controlo de riscos escolhida pela equipa do PSRS. Dentre as medidas que podem ser estabelecidas, estão: as medidas infraestruturais, onde se definem alterações físicas nas estruturas das estações de tratamento de resíduos; medidas operacionais, onde são propostas modificações nas atividades em andamento; medidas comportamentais, que propõem melhorias para os profissionais envolvidos no sistema.

Um fator que interfere intensamente na escolha do tratamento utilizado é o momento em que o evento foi identificado e será tratado, ou seja, se o evento foi identificado antes da consequência é provável de que as medidas sejam mais eficientes do que se o evento for identificado durante o seu acontecimento ou após o desastre.

A equipa do PSRS pode estipular alguns procedimentos a serem seguidos para auxiliar na redução de riscos ou mesmo prevenir a ocorrência do evento perigoso, são eles:

- Normas e limites técnicos que estabelecem o limite admissível de concentrações, emissões, ou de outras medidas de exposição;

- Padrões de desempenho para processos químicos, biológicos e tecnológicos;
- Os esquemas de compensação;
- Seguro e responsabilidade;
- Programas educacionais.

Módulo 4.2 Implementar o plano de melhoria

A implementação do plano de melhoria depende da identificação das pessoas responsáveis (líderes), dos prazos propostos e dos recursos financeiros disponíveis. Por conta desses requisitos, a equipa do PSRS pode optar primeiramente por escolher e implementar medidas de controlo temporárias que são mais acessíveis, até que medidas definitivas de custos elevados possam ser implementadas.

A equipa do plano de segurança tem a responsabilidade de monitorizar e comunicar sobre o andamento da implementação do plano de melhoria proposto, para, dessa forma, garantir que as ações são realizadas de forma eficiente.

Módulo 5 Monitorização Operacional

O Módulo 5 é dividido em 3 submódulos, são eles:

Módulo 5.1 definir e implementar a monitorização operacional, com o objetivo de monitorizar as medidas de controlo para comunicar se as medidas são eficientes ou não.

Módulo 5.2 verificar periodicamente o desempenho do sistema e se este vai de encontro ao proposto originalmente. A verificação pode ser efetuada pelo operador ou autoridade competente de vigilância e será mais intensa em situações de maiores recursos ou requisitos regulamentares rigorosos.

Módulo 5.3 auditar o sistema é a etapa que fornece informações sobre o desempenho e qualidade do PSRS de forma independente.

Módulo 5.1 Definir e implementar a monitorização operacional

A monitorização operacional é uma atividade contínua, que tem como objetivo acompanhar o funcionamento do sistema e verificar o aparecimento de situações de risco a partir de uma rotina de vigilância dos riscos previamente identificados. Para que essa atividade tenha resultados eficientes é necessário que a partir do instante em que um risco é identificado este seja colocado sob monitorização, para que possam ser tomadas as medidas de controlo corretas no menor espaço de tempo.

Os documentos que apresentam os riscos prioritários e os níveis de tolerância de riscos são muito utilizados nessa etapa do processo, já que os riscos caracterizados como prioritários devem estar sob vigilância intensa, pois suas consequências têm impacto grave para o funcionamento do sistema. Contudo, todos os riscos devem ser continuamente monitorizados, mesmo aqueles que apresentam consequências toleradas pela empresa, já que a magnitude dessas consequências pode sofrer variações a qualquer instante. Quando um risco acima dos limites de tolerância é detetado, ações corretivas são executadas para conter as consequências indesejadas.

Para que a monitorização ocorra apropriadamente, é importante desenvolver uma estrutura padronizada que estabeleça rotina de inspeção de riscos e resultados previstos, usar os critérios de tolerância ao risco da comunidade e da empresa e incorporar as melhores maneiras de gerenciar riscos. A boa desenvoltura dessa etapa da gestão de riscos, se reflete em ganhos para a organização em forma de economia e melhorias operacionais.

Os dados coletados durante a monitorização operacional são obtidos através de observações e medidas simples e por amostragem e testes. A Figura 54 indica a forma como os pontos de monitorização devem ser identificados.



Figura 54 - Pontos de monitorização

Os principais parâmetros que devem ser monitorizados em sistemas de resíduos sólidos incluem:

- Qualidade do ar;
- Ruído;
- Qualidade de águas e sedimentos;
- Ecossistemas;
- Vigilância da saúde pública;

Os limites críticos podem ser pontuados qualitativamente ou quantitativamente. O gestor do sistema deve definir o método a ser utilizado, dependente da situação que mais se adequar aos padrões especificados pela própria empresa ou pelas exigências estabelecidas por regulamentos oficiais.

Módulo 5.2 Verificar o desempenho do sistema

A monitorização do desempenho do sistema, ou monitorização de verificação, deve ser realizada regularmente, pois inspeciona o funcionamento do sistema e obtém dados quanto a eficiência dos controlos de riscos, além de ser capaz de prever as tendências ao longo do tempo.

A realização da monitorização de verificação inicia-se com o estabelecimento dos pontos críticos ao longo do sistema de gestão de resíduos sólidos. Os pontos críticos devem ser atentamente verificados para seja possível analisar o desempenho do sistema. Sua monitorização pode ser feita pela equipa do PSRS e/ou por uma autoridade externa.

As monitorizações operacional e de verificação possuem os mesmos pontos de monitorização que devem serem identificados. Contudo, na monitorização de verificação existem menos pontos de monitorização, focando em pontos finais do sistema, como estado de saúde dos grupos expostos, qualidade dos resíduos tratados, qualidade do ar, água e solo.

Módulo 5.3 Auditar o sistema

As auditorias aos sistemas de resíduos sólidos correspondem a exames exaustivos das atividades desenvolvidas pelas empresas gestoras desses sistemas, garantindo a qualidade de todas as etapas do sistema e realizando a verificação da qualidade e a eficácia do desenvolvimento e implementação do PSRS.

A auditoria pode ser realizada por auditores internos, reguladores ou independentes. Nos cenários onde o PSRS estiver bem implementado, a auditoria comprovará tal fato, aprovando a eficiência do sistema. Outra vantagem da auditoria diz respeito à identificação das oportunidades de melhoria no sistema.

A frequência das auditorias deve ser proporcional ao nível de confiança exigido pelas entidades reguladoras.

Módulo 6 Gestão e Comunicação

O Módulo 6 é dividido em 2 submódulos, são eles:

Módulo 6.1 identifica a necessidade de implementar programas específicos de suporte para formação profissional e programas de investigação para as áreas em que se precisa aprofundar os conhecimentos. Além de implementar um sistema de comunicação eficiente para as principais partes interessadas.

Módulo 6.2 o PSRS está implementado em um ambiente em constante variação e por conta disso é de extrema importância rever e atualizar periodicamente o PSRS a medida em que ocorrem novos perigos e eventos perigosos. A falta de atualização no plano de segurança resultará em um sistema obsoleto.

Módulo 6.1 Identificar e implementar programas de suporte e procedimentos de gestão

O presente Módulo foca na necessidade em implementar programas específicos de educação, suporte para formação profissional e programas de investigação para as áreas em que se precisa aprofundar os conhecimentos. Esses programas são atividades que complementam a segurança de todo o sistema de resíduos sólidos, desde o processo da separação doméstica de resíduos até a proteção individual dos profissionais que trabalham diretamente com os RSU. Bons programas aumentam a eficiência do sistema e por isso é importante identificar os pontos e o público a quem deve ser direcionado.

Além dos programas de suporte, o Módulo 6.1 prevê a implementação de um sistema de comunicação eficiente para as principais partes interessadas. Esta etapa é indispensável, pois falhas na comunicação do risco podem acarretar em problemas para solucionar os riscos identificados.

Para os procedimentos de gestão deve ser elaborado um documento, denominado procedimentos operacionais (PO), contendo os resultados de todo o processo realizado, como os riscos e eventos perigosos, as vulnerabilidades do sistema e os métodos propostos para controle,

levando em consideração condições normais de operação e procedimentos de gestão de emergência.

Módulo 6.2 Rever e atualizar periodicamente o PSRS

O PSRS deve ser periodicamente atualizado, de acordo com as medidas de controlo que foram empregues, de novos perigos e eventos perigosos apresentados pelo sistema e qualquer alteração nas condições de operações.

Para além da revisão periódica prevista, o PSRS também deve ser revisto nas seguintes situações:

- Após um incidente, emergência, ou situação que quase originou uma falha;
- Após grandes melhorias ou alterações no sistema;
- Depois de uma auditoria ou avaliação para incorporar resultados e recomendações.

CAPÍTULO 9. ESTUDO DE CASO

Após a realização de um levantamento bibliográfico detalhado, a fim de se obter mais esclarecimentos sobre o tema estudado no presente trabalho, efetuou-se o encaminhamento de solicitações para visitas técnicas em empresas Portuguesas gestoras de resíduos sólidos.

Nessa sequência realizou-se um estudo de caso em duas empresas gestoras de resíduos sólidos como método de investigação, que consistiu em duas abordagens: a realização de entrevistas com a equipa técnica responsável e a análise de relatórios internos sobre eventos perigosos registados nas empresas escolhidas. A Figura 55 ilustra a metodologia utilizada.

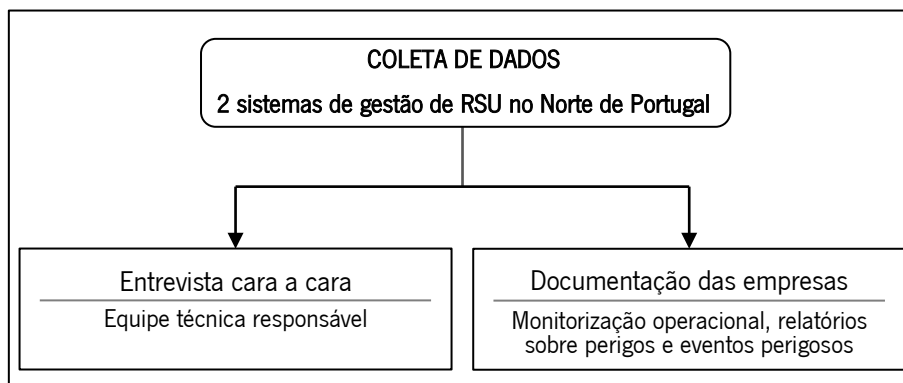


Figura 55 - Metodologia do estudo de caso

Na entrevista foram abordados os perigos, eventos perigosos e as medidas de controlo utilizadas durante as etapas de recolha, transporte, armazenamento e triagem em dois sistemas de resíduos sólidos no norte de Portugal. Os critérios adoptados para a seleção dos sistemas foram:

- Dimensão (população atendida);
- Infraestrutura tecnológica;
- Esquema de tratamento de resíduos no local.

Dentro das características previamente estipuladas foram escolhidos dois grandes sistemas de RSU: Braval, empresa responsável pela gestão dos resíduos da região do Baixo Cávado; e Lipor, que gere os resíduos da área metropolitana do Porto (ver Figura 56).

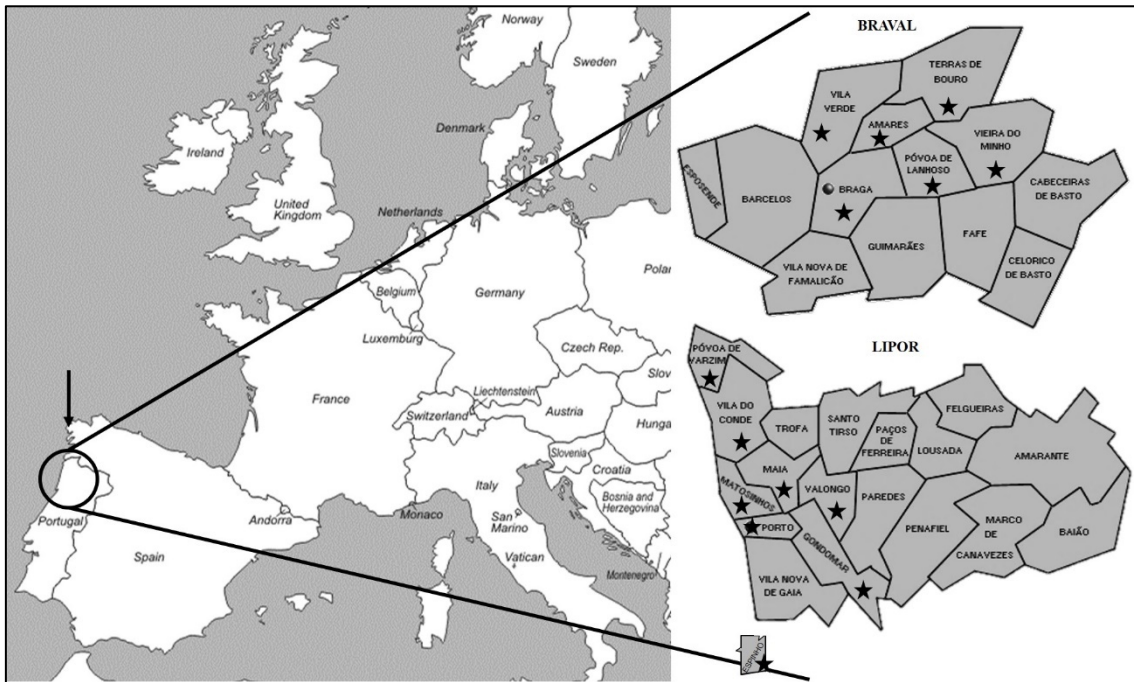


Figura 56 - Mapa com localização das áreas geográficas cobertas pela Braval e Lipor

Durante as visitas, foram realizadas entrevistas de natureza semiestruturada, tendo por referência um guião previamente elaborado com questões pertinentes, contendo dois tipos de assuntos: (i) componentes de sistemas, quantidades de resíduos coletados, características de resíduos, planeamento estratégico para melhorar o sistema; e (ii) identificação de perigos, frequência da ocorrência de eventos perigosos e medidas de controlo adotadas. Após as visitas foram também analisados relatórios internos sobre monitorização operacional, eventos perigosos e estratégias para alcançar metas estabelecidas pela Agência Portuguesa do Ambiente.

Após o levantamento de informações, os dados das duas empresas foram cruzados com o objetivo de construir uma matriz completa com os perigos e as medidas de controlo aplicadas nos diferentes componentes dos sistemas de resíduos. Esses dados apoiarão o desenvolvimento e implementação de um plano específico de segurança de resíduos sólidos definitivo.

Nos subitens a seguir, são apresentadas as duas empresas estudadas com maiores detalhes, Braval e Lipor, e a descrição das várias etapas do PSRS aplicáveis às duas empresas.

9.1 Braval

A empresa Braval – Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos, S.A. foi criada em 1996, com o objetivo de fechar os locais de despejo abertos na região (lixeiros) com subsequente recuperação ambiental, integração paisagística das áreas degradadas, construção de aterros sanitários e implementação da coleta seletiva através do sistema de ecopontos. Atualmente, a Braval atende uma população de cerca de 290 mil habitantes (Braval 2016).

O sistema de tratamento e tratamento de resíduos administrado pela empresa Braval cobre a região do Baixo Cávado, em Portugal, que inclui as cidades de Braga, Póvoa de Lanhoso, Vieira do Minho, Amares, Vila Verde e Terras de Bouro. O sistema possui os seguintes componentes: recolha, tratamento mecânico, compostagem, tratamento de lixiviados, sistema de queima de biogás e aterro sanitário.

A Tabela 7 apresenta aspetos gerais da Braval.

Tabela 7 - Aspetos gerais do sistema de resíduos da região de Baixo Cávado

	Braval
Componentes do sistema	Recolha de recicláveis, transporte, triagem, armazenamento, compostagem, incineração e deposição em aterro sanitário
Características dos resíduos	Não perigosos
População atendida	290.407 hab
Produção de RSU	1,1 kg/hab/dia
RSU reciclados	15.000 ton/ano
RSU depositados em AS	99.978 ton/ano
Total de RSU tratados por ano	113.978 ton/ano

9.2 Lipor

A Lipor é a entidade responsável pela gestão de RSU produzidos na área metropolitana do Porto, Portugal. A empresa começou a operar no ano de 1982 e desde então implementou o gerenciamento integrado de resíduos com um sistema composto por recolha, transporte, triagem, armazenamento, compostagem, incineração com recuperação de energia e deposição final em aterro sanitário (Lipor 2016).

As cidades atendidas pelo serviço da Lipor são: Espinho, Gondomar, Maia, Matosinhos, Porto, Póvoa de Varzim, Valongo e Vila do Conde. A Lipor trata cerca de 500 mil toneladas por ano de RSU produzidas por aproximadamente 1 milhão de habitantes.

O sistema da empresa tem o objetivo central estratégico de minimizar a deposição de resíduos sólidos em aterros sanitários. Para conseguir isso, a Lipor implementou uma estratégia integrada de tratamento de resíduos, com base em três componentes principais: reciclagem, compostagem e incineração. O aterro completa o processo sendo usado apenas para receber o rejeito, que hoje representa 1% de todos os resíduos produzidos na região. Aspetos gerais desse sistema são mostrados na Tabela 8.

Tabela 8 - Aspetos gerais do sistema de resíduos da área metropolitana do Porto

	Lipor
Componentes do sistema	Recolha de recicláveis, transporte, triagem, armazenamento, compostagem, incineração e deposição em aterro sanitário
Características dos resíduos	Não perigosos
População atendida	1 milhão de hab
Produção de RSU	1,38 kg/hab/dia
RSU reciclados	41.800 ton/ano
RSU depositados em AS	5.000 ton/ano
Total de RSU tratados por ano	500.000 ton/ano

9.3 Plano de segurança proposto

Neste capítulo apresenta-se uma proposta de PSRS para os dois sistemas (Braval e Lipor), fazendo uso da metodologia apresentada no Capítulo 8.

Em situações ideais é recomendada a elaboração de um PSRS para apenas um sistema. Neste estudo de caso e tendo em conta que os dois sistemas em questão apresentam características similares será apresentado aqui um PSRS que se adequa às duas empresas. A diferença mais relevante entre as duas empresas refere-se ao processo de triagem, pois na Braval este processo é realizado manualmente por profissionais, sendo o material enfardado após o processo de separação. Na Lipor, a triagem é realizada da mesma forma, porém, além desse procedimento, há também uma triagem automática, onde um equipamento separa o material de acordo com

suas características, sendo os materiais, em seguida, encaminhados para o processo de enfardamento.

9.3.1 Actividades preparatórias

Nas actividades preparatórias devem ser definidos os objetivos do sistema, incluindo os níveis de qualidade, os processos que serão analisados e os critérios que a ser utilizados na avaliação do risco. Para além disso, é neste momento que a equipa deve ser formada.

Módulo 1.1 Determinar as áreas prioritárias ou atividades

As duas empresas atendem, em conjunto aproximadamente 1,3 milhão de habitantes num total de 14 cidades do norte de Portugal, representando, portanto, um sistema considerado grande e com características similares a outras regiões de Portugal.

Neste módulo faz-se necessário estabelecer uma comissão de acompanhamento, a qual deve ser composta por representantes da autoridade de saúde local, autoridade de proteção ambiental local, representante do governo e dos municípios abrangidos.

Módulo 1.2 Definir objetivos do sistema

Foram estabelecidos três objetivos gerais dentro do PSRS:

- Proteger a saúde dos trabalhadores do sistema de resíduos sólidos e de membros da comunidade local que estão expostos aos resíduos ou aos produtos originados do processo de tratamento dos mesmos, como emissões de gases, pó e compostos e outros.
- Garantir que sejam alcançadas as metas estabelecidas para os RSU pela UE para Portugal, no que diz respeito a recolha, triagem, tratamento e deposição final para promoção da saúde pública e preservação do ambiente.

- Ajudar na priorização de investimentos em resíduos na região coberta pela Braval e pela Lipor.

Módulo 1.3 Constituir a equipa do PSRS

Primeiramente, deve ser construída uma lista de verificação das competências necessárias para a equipa do PSRS. Em seguida, com o auxílio de uma sessão de brainstorming é possível identificar as principais partes interessadas e eleger profissionais qualificados para o trabalho. Estes fatores são fundamentais para constituir uma equipa inteiramente dedicada ao projeto. Esta equipa será responsável por desenvolver, implementar e garantir que todas as tarefas do PSRS sejam bem executadas e monitorizadas. No Quadro 24 é identificada a equipa do PSRS juntamente com o cargo a ser exercido por cada profissional:

Quadro 23 - Equipa do PSRS

Representante de	Principal função na equipa do PSRS
Entidade gestora do sistema de resíduos – Gestor sénior	Chefe de equipa
Entidade gestora do sistema de resíduos – Diretor operacional	Recolha, transporte, triagem, tratamento, deposição final e gestão de dados
Cooperativa agrícola	Gestão dos perigos relacionados com o manuseio e utilização de produtos oriundos do tratamento de resíduos (composto)
Autoridade Regional de Saúde	Avaliação do risco em saúde pública
Autoridade Regional do Ambiente	Avaliação do risco em proteção ambiental
Escola de Saúde Pública – Epidemiologista	Educação e comunicação
ONG especializada nos direitos dos trabalhadores e das comunidades locais	Atua no sistema de resíduos
Operador do sistema de resíduos	Atua no sistema de resíduos

9.3.2 Descrição do sistema

Módulo 2.1 Mapear o sistema

A primeira tarefa a ser realizada pela equipa do PSRS é mapear o sistema de resíduos urbanos. Como os sistemas em questão já estão estabelecidos, esta tarefa torna-se bastante simples,

cabendo à equipa a função de reunir as informações relativas as etapas que compreendem os sistemas e então, construir um fluxograma com os dados levantados.

Na Figura 57 consta o diagrama de fluxo simplificado com etapas que constituem os sistemas da Braval e da Lipor. Como explicado anteriormente, o sistema da Lipor possui alguns procedimentos diferentes do sistema da Braval (triagem automatizada e incineração).

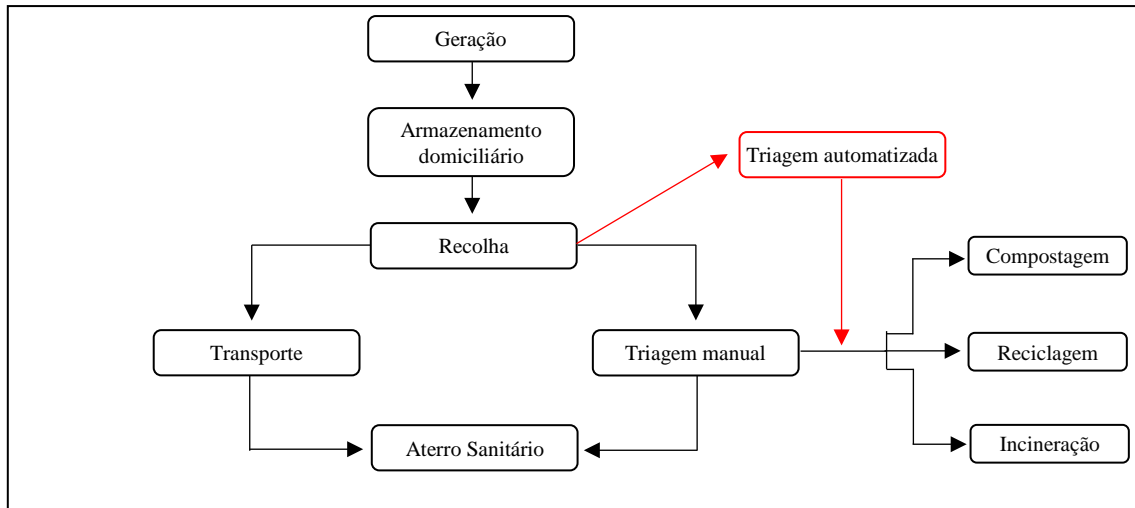


Figura 57 - Diagrama de fluxo dos sistemas de RSU das empresas Braval e Lipor

Módulo 2.2 Caracterizar as frações dos resíduos

Os resíduos tratados pelos sistemas são de origem urbana, portanto, podem ser classificados de acordo com as suas características químicas como: resíduos orgânicos, papel/cartão, plástico, metal e vidro. Parte dos resíduos recolhidos são indiferenciados, ou seja, são resíduos que não foram previamente separados nos domicílios, estes podem ser encaminhados para triagem automatizada da Lipor, onde parte dos resíduos passíveis de reciclagem são removidos, podem ser encaminhados para incineração ou compostagem ou também podem ser diretamente depositados em aterro.

De acordo com a lista europeia de resíduos (LER), também constitui RSU as pilhas portáteis, os resíduos de equipamentos elétricos e eletrónicos (REEE) e óleos alimentares usados. Estes resíduos são recolhidos pela Braval e Lipor, sendo o seu tratamento realizado por empresas terceirizadas especializadas e, portanto, não são considerados neste PSRS.

Módulo 2.3 Identificar potenciais grupos expostos

As classes dos grupos expostos de interesse para este PSRS são:

- Consumidores: Pessoas que consomem ou utilizam produtos que foram produzidos a partir do processo de gestão de RSU;
- Agricultores: pessoas que manipulam produtos do processo de gestão de RSU;
- Comunidade local: Pessoas que moram nas proximidades de etapas de sistemas de RSU;
- Trabalhadores: Responsáveis pela manutenção, limpeza ou operação de sistemas de RSU.

Módulo 2.4 Compilar informação de contexto e de conformidade

A equipa deve elaborar documentos e protocolos que contenham as normas de qualidade relevantes e requisitos de certificação e de auditoria; informação relacionada com a gestão e desempenho do sistema; dados demográficos e usos do solo; e as alterações relacionadas com o clima ou outras condições sazonais.

Considerando os objetivos deste módulo, a equipa do PSRS deve atender aos seguintes requisitos legais que devem ser cumpridos pelos sistemas:

- Dentro do território Português a Agência Portuguesa do Ambiente (APA) estabelece que sistemas de gestão de RSU precisam instalar o Sistema de Informação do Licenciamento de Operações de Gestão de Resíduos (SILOGR), que tem como principal função facilitar o acesso por cidadãos e produtores de resíduos à informação relevante sobre as entidades responsáveis pela sua gestão (APA 2017).
- A APA também exige que as empresas gestoras de resíduos sejam cadastrados no Sistema Integrado de Registo Eletrónico de Resíduos (SIRER), um sistema de informação sobre resíduos que é composto por módulos. São eles: MIRR – Mapa Integrado de Registo de Resíduos; MRRU - Mapa Registo de Resíduos Urbanos; SILOGR – Sistema de Informação de Operadores de Gestão de Resíduos; MTR-LV – Desmaterialização dos Anexos VII de Movimentos Transfronteiriços de Resíduos (“lista verde”); MTR-LL -

Desmaterialização dos movimentos das notificações MTR (“lista laranja”); E-GAR – Desmaterialização das Guias de Acompanhamento de Resíduos.

- Segundo o Decreto-lei n.º 178/2006, de 05 de Setembro, (1) as operações de tratamento devem decorrer em instalações adequadas com recurso às tecnologias e métodos apropriados para assegurar um nível elevado de proteção do ambiente e da saúde pública; (2) a Autoridade Nacional de Resíduos (ANR) pode interditar as transferências de resíduos de e para o território nacional, se o serviço não estiver de acordo com a normas legais estabelecidas; (3) a ANR pode limitar as entradas de resíduos destinados a incineradoras caso se verifique que este tratamento não é compatível com os planos de gestão de resíduos do país.

Para além dos requisitos legais, a equipa do PSRS também deve, ainda, elaborar um relatório contendo os dados relativos a demografia e usos do solo e as alterações relacionadas com o clima ou outras condições sazonais. Esses dados constam nos subcapítulos 9.1 e 9.2.

Módulo 2.5 Validar a descrição do sistema

As tarefas dos Módulos 2.1 a 2.4 deve ser seguida da validação da descrição dos sistema, o que pode ser feito através de entrevistas com pessoas relevantes para a comunidade e discussões em grupo, além da pesquisa de dados divulgadas pelo Instituto Nacional de Estatística (INE) e outros órgãos.

9.3.3 Identificação dos perigos e eventos perigosos

O presente módulo foca-se no processo de identificação dos perigos e eventos perigosos e é dividido em 4 sub-ítems. Visando facilitar a compreensão dos resultados, aqui, serão apresentados de forma integrada os resultados referentes aos módulos 3.1 e 3.3.

Módulo 3.1 Identificar os perigos e eventos perigosos e Módulo 3.3 Identificar e avaliar as medidas de controlo existentes

De acordo com os dados coletados durante as visitas realizadas na Braval e na Lipor, foi possível reunir informações relacionadas a perigos associados aos componentes do sistema de recolha, transporte, armazenamento e triagem de resíduos recicláveis. Todas estas etapas são realizadas nas infraestruturas visitadas e, portanto, os perigos e os eventos perigosos são de responsabilidade das duas empresas.

As medidas de controlo aplicadas para minimizar e/ou evitar eventos perigosos são bastante similares nas duas empresas, pois obedecem a padrões de qualidade muito rígidos com base em preocupações com a saúde, segurança e ao ambiente.

Os principais perigos considerados durante as etapas de recolha e transporte e as medidas de controlo implementadas pela Braval e Lipor encontram-se no Quadro 25 (Rani-Borges & Vieira 2017).

Quadro 24 - Perigos identificados e medidas de controlo aplicadas nas etapas de recolha e transporte

Perigos	Medidas de controlo									
	Uso de equipamentos de proteção individual	Treinamento de manejo de carga	Cumprimento do código de estrada	Os motoristas possuem carteira de motorista apropriada	Inspeção e manutenção de veículos	Organização de resíduos e de sacolas	Acesso Seguro a bandeja e a área de carga	Acesso ao gabinete médico: vacinas, consultas e exames	Fitas lombares	Calçado antididaga
Mover-se em superfícies afiadas	X					X	X			
Exposição a odores	X									
Exposição a vibrações e ruídos	X				X					
Manipulação de cargas		X						X	X	X
Exposição a temperaturas adversas	X									
Manipulação de resíduos	X	X					X	X	X	X
Contacto com objetos cortantes	X						X			
Exposição a agentes biológicos	X						X			
Tráfego rodoviário	X		X	X						
Lesões e dores musculares	X	X					X	X	X	X
Carregamento de camião	X	X				X	X			
Derramamento de óleo ou combustível em via pública					X					
Acidentes com veículos			X		X		X			

O Quadro 26 apresenta perigos e medidas de controlo durante as etapas de armazenamento e triagem.

Quadro 25 - Perigos identificados e medidas de controlo aplicadas nas etapas de armazenamento e triagem

Perigos	Medidas de controlo											
	Uso de equipamento de proteção individual	Garantir distância segura entre veículos	Verificação periódica e manutenção de máquinas e equipamentos	Sinalização de segurança	Limpeza da zona de descarga	Manutenção no sistema de tratamento de ar	Formação de manuseio de máquinas	Dispensador de álcool para desinfetar as mãos	Acesso ao gabinete médico: vacinas, consultas e exames	Análise de vibrações e ruídos	Análise de conforto térmico	Programa de atividades físicas obrigatório
Caixa de descarga		X	X									
Máquinas e veículos				X								
Deslocamento no cais de carga	X		X		X	X	X					
Exposição a agentes biológicos	X				X	X		X	X			
Use de equipamentos	X		X				X					
Contacto com resíduos	X				X			X	X			
Exposição a temperaturas adversas	X					X					X	
Exposição a pó e poeira	X					X						
Exposição a odores	X					X						
Exposição a vibrações e ruídos	X		X				X			X		
Exposição a radiação	X		X						X			
Despejo no contêiner	X						X					X
Exposição e inalação de gases	X					X			X			
Contacto com objetos cortantes	X							X	X			
Manipulação de fardos	X		X		X		X					
Manipulação de objetos pesados	X				X	X	X					
Contacto com material orgânico	X							X				

Políticas de avaliação e gestão de risco foram implementadas por ambas as empresas; desde 2004 na Lipor e em 2005 na Braval. Embora as empresas tenham pouca informação sobre os eventos que deixaram de ocorrer ou que passaram a ocorrer com menor frequência após a implementação do plano de gestão de riscos, as condições de trabalho melhoraram significativamente nos últimos anos. Assim, com a implementação dos planos de segurança preventiva, espera-se que os níveis de segurança possam aumentar ainda mais.

Módulo 3.2 Identificar grupos expostos e vias de exposição

Os grupos expostos identificados no módulo 2.3 foram divididos em subgrupos com base nas suas características individuais. Nos Quadros 27 a 30, os subgrupos expostos foram relacionados com as respetivas vias de exposição.

Quadro 26 - Subgrupos expostos dos Trabalhadores e as vias de exposição aos perigos

Subgrupos expostos dos Trabalhadores (T)		
T1	Recolhem e transportam os resíduos	Absorção pela pele e inalação
T2	Operam a estação de triagem e tratamento	Absorção pela pele e inalação

Quadro 27 - Subgrupos expostos dos Agricultores e as vias de exposição aos perigos

Subgrupos expostos dos Agricultores (A)		
A1	Agricultores que utilizam o composto proveniente do tratamento de resíduos nas plantações	Absorção pela pele e inalação

Quadro 28 - Subgrupos expostos da Comunidade Local e as vias de exposição aos perigos

Subgrupos expostos da Comunidade Local (L)		
L1	Vivem na rota do camião de transporte de resíduos	Inalação
L2	Vivem em zonas adjacentes à aterros sanitários	Inalação
L3	Vivem em zonas adjacentes às estações de triagem de resíduos	Inalação
L4	Vivem em zonas adjacentes à estação de tratamento (compostagem, reciclagem e incineração)	Inalação

Quadro 29 - Subgrupos expostos dos Consumidores e as vias de exposição aos perigos

Subgrupos expostos dos Consumidores (C)		
C1	Consomem produtos agrícolas cultivados em solo enriquecido com composto proveniente do processo de compostagem de resíduos orgânicos	Ingestão
C2	Consomem produtos agrícolas regados com água de rios localizados nas proximidades de aterros sanitários	Ingestão

Módulo 3.4 Identificar perigos e avaliar o risco de exposição

A avaliação do risco foi realizada usando o método de avaliação semiquantitativo de Método de Matriz de consequência e probabilidade. O Quadro 31 mostra o resultado da identificação dos perigos e o risco de exposição dos diferentes grupos.

Quadro 30 - Identificação dos perigos e frequência de exposição nos sistemas Braval e Lipor

Etapa	Perigo/evento perigoso	Frequência	Grupos expostos
Recolha e Transporte	Exposição a odores	Frequente / uma vez por semana	T1, L1
	Exposição a vibrações e ruídos	Frequente / uma vez por semana	T1, L1
	Exposição a temperaturas adversas	Frequente / uma vez por semana	T1
	Lesões e dores musculares	Ocasional / uma vez a cada 6 meses	T1
	Acidentes com veículos	Ocasional / uma vez a cada 6 meses	T1, L1
	Contacto com objetos cortantes	Ocasional / uma vez a cada 6 meses	T1
	Manipulação de cargas	Improvável / uma vez por ano	T1
	Manipulação de resíduos	Improvável / uma vez por ano	T1
	Mover-se em superfícies afiadas	Improvável / uma vez por ano	T1
	Tráfego rodoviário	Improvável / uma vez por ano	T1, L1
	Carregamento do camião	Improvável / uma vez por ano	T1, L1
	Derramamento de óleo ou combustível em vias públicas	Improvável / uma vez por ano	T1, L1
	Exposição a agentes biológicos	Muito improvável / uma vez a cada 5 anos ou mais	T1, L1
	Armazenamento e Triagem	Exposição a odores	Frequente / uma vez por semana
Exposição a vibrações e ruídos		Frequente / uma vez por semana	T2, L3
Contacto com material orgânico		Frequente / uma vez por semana	T2
Exposição a pó e poeira		Frequente / uma vez por semana	T2, L3
Contacto com resíduos		Frequente / uma vez por semana	T2
Exposição a temperaturas adversas		Provável / uma vez por mês	T2
Contacto com objetos cortantes		Provável / uma vez por mês	T2
Uso de equipamentos		Ocasional / uma vez a cada 6 meses	T2
Máquinas e veículos		Ocasional / uma vez a cada 6 meses	T2
Manipulação de fardos		Ocasional / uma vez a cada 6 meses	T2
Caixa de descarga		Improvável / uma vez por ano	T2
Exposição a agentes biológicos		Improvável / uma vez por ano	T2
Exposição a radiação		Improvável / uma vez por ano	T2
Manipulação de objetos pesados		Improvável / uma vez por ano	T2
Exposição e inalação de gases		Improvável / uma vez por ano	T2, L3
Deslocamento no cais de carga		Muito improvável / uma vez a cada 5 anos ou mais	T2
Despejo no contêiner		Muito improvável / uma vez a cada 5 anos ou mais	T2

9.3.4 Análise e avaliação do risco

No Módulo 4, a equipa do PSRS fica responsável por pesquisar alternativas para controlar os riscos identificados e desenvolver um plano de melhorias para o sistema. Nesta etapa é necessário analisar as alternativas, os custos e a eficiência dos resultados.

No Quadro 32 é possível observar o plano de melhorias proposto pela equipa do PSRS levando em consideração os riscos avaliados como frequente e provável no quadro de priorização dos riscos (referência ao Quadro 31).

Quadro 31 - Plano de melhoria proposto para o PSRS da Braval e da Lipor

Etapa do sistema	Evento perigoso	Ação de melhoria	Prioridade (alta, média, baixa)
Recolha, transporte, armazenamento e triagem	Exposição a odores	Uso de equipamento de proteção individual mais adequado; substituição do sistema de tratamento de ar; promoção de programas educacionais	Baixa
Recolha, transporte, armazenamento e triagem	Exposição a vibrações e ruídos	Uso de equipamento de proteção individual mais adequado; manutenção dos equipamentos com maior frequência	Baixa
Recolha, transporte, armazenamento e triagem	Exposição a temperaturas adversas	Instalar sistemas de resfriamento e calefação adequados a infraestrutura da empresa e disponibilizar uniformes específicos para cada estação do ano	Média
Recolha e transporte	Lesões e dores musculares	Aumentar o incentivo ao esporte; proporcionar horários de trabalho e folga mais flexíveis; visitas e exames médicos obrigatórios com maior frequência	Média
Recolha e transporte	Acidentes com veiculos	Aumentar a sinalização no momento da recolha e transporte	Alta
Recolha, transporte, armazenamento e triagem	Contacto com objetos cortantes	Promoção de programas educacionais de maior alcance; uso de equipamento de proteção individual mais adequado	Baixa

Armazenamento e triagem	Contacto com material orgânico	Uso de equipamento de proteção individual mais adequado; automatizar todo o sistema de tratamento de resíduos indiferenciados e promover programas informativos e educacionais	Baixa
Armazenamento e triagem	Exposição a pó e poeira	Uso de equipamento de proteção individual mais adequado; instalação de filtros dos sistemas de ar com maior eficiência	Baixa
Armazenamento e triagem	Contacto com resíduos	Uso de equipamento de proteção individual mais adequado	Baixa
Armazenamento e triagem	Uso de equipamentos, máquinas e veículos (incluindo manipulação de fardos)	Uso de equipamento de proteção individual mais adequado; aumentar a carga horária dos treinamentos para o uso de cada equipamento	Média

9.3.5 Monitorização operacional

Módulo 5.1 Definir e implementar a monitorização operacional

Os riscos caracterizados como prioritários devem estar sob monitorização intensa, pois suas consequências têm impacto grave para o funcionamento do sistema ou a frequência com que ocorrem é mais alta do que o desejado.

Visando oferecer um programa de monitorização eficiente, a equipa do PSRS deve estabelecer um calendário de inspeções dos riscos e dos resultados previstos. Este programa deve ser baseado em critérios de tolerância ao risco estipulados pelos órgãos públicos e da comunidade local, juntamente com os representantes da Braval e Lipor. Estes critérios de tolerância devem atender aos interesses das várias partes interessadas, nomeadamente, qualidade do serviço prestado, bem-estar da população e melhorias operacionais.

Das inspeções a efetuar, alguns aspetos do sistema merecem destaque: qualidade do ar dentro e fora da infraestrutura das empresas, ruídos, qualidade do ar, qualidade de águas e sedimentos, influência nos ecossistemas locais ao longo do tempo, vigilância da saúde pública, impactos no ambiente natural e parecer da comunidade (perturbações gerais e nível de satisfação).

Módulo 5.2 Verificar o desempenho do sistema

As principais verificações do sistema devem incluir monitorização ambiental através de análises da qualidade do ar, do solo, das águas e monitorização de saúde através de estudos epidemiológicos da população atendida pelos sistemas. Os resultados devem estar de acordo com as normas e diretrizes estabelecidas pela OMS e pela APA.

A equipa do PSRS também deve aplicar um inquérito anual sobre a perceção do consumidor sobre o desempenho do sistema.

Módulo 5.3 Auditar o sistema

As auditorias aos sistemas de resíduos sólidos são extremamente necessárias do ponto de vista da equipa do PSRS, principalmente por ser uma ferramenta que ajuda a verificar a qualidade e a eficácia da implementação do PSRS. Por este motivo, é recomendado que uma auditoria realizada por auditores independentes, que compreenda todas as etapas do sistema, ocorra a cada dois anos. Desta auditoria independente pode também resultar a identificação de novas oportunidades de melhoria no sistema.

9.3.6 Gestão e comunicação

O módulo 6 do PSRS pode ser dividido em 2 submódulos referentes a cada um dos seus componentes (gestão e comunicação).

Módulo 6.1 Identificar e implementar programas de suporte e procedimentos de gestão

A equipa do PSRS deve estabelecer um sistema de comunicação eficiente entre os trabalhadores e líderes de setores, entre a comunidade local e a empresa e entre os órgãos reguladores e a empresa. Sendo assim, a equipa deve criar protocolos e estratégias de comunicação. Para o PSRS Braval e Lipor, recomenda-se que sejam utilizadas linhas telefónicas de apoio ao cliente e

um canal *online*, além de reuniões periódicas para ouvir os trabalhadores e definir o protocolo de comunicação dentro da empresa relativamente as tarefas e procedimentos.

Para garantir o sucesso dos procedimentos de gestão é necessário que a equipa do PSRS elabore um relatório detalhado que contenha todos os procedimentos e componentes das operações necessárias para o funcionamento do sistema tanto em situações normais (Procedimento Operacional – PO), quanto em situações emergenciais. Esses relatórios apresentam instruções específicas para o funcionamento do sistema além de destacar a necessidade de melhorias no sistema após situações de crise.

Para além dos documentos operacionais, deve ser discutida a criação de programas específicos de educação, suporte para formação profissional e programas de investigação para as áreas em que se precisa aprofundar os conhecimentos. Neste âmbito, a equipa deste PSRS pode propor a implementação de três programas:

- 1 - programa educacional dirigido a alunos de nível universitário, com idade entre os 18 e 23 anos, onde se espera que o retorno seja positivo devido a este público ser capaz de compreender a importância e influência do tema “Resíduos na sociedade”;
- 2 - programa de formação profissional em técnicas para tratamento de resíduos sólidos direcionado para pessoal técnico das empresas;
- 3 - programa de bolsas de pesquisas para investigar temas pertinentes ao funcionamento e otimização do sistema.

Módulo 6.2 Rever e atualizar periodicamente o PSRS

Após situações emergenciais, a equipa do PSRS deve determinar reformas e alterações no sistema, devendo o PSRS ser revisto e atualizado para que o sistema permaneça operacional e mantenha a sua qualidade e eficiência comprovada. A revisão do PSRS também serve para contemplar os novos perigos e eventos perigosos identificados e as medidas de controlo que foram aplicadas.

Independentemente da revisão periódica do PSRS, quaisquer mudanças observadas no sistema devem ser registadas e documentadas para discussão e análise nas reuniões da equipa do PSRS.

CAPÍTULO 10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

10.1 Conclusões

As atividades humanas geram grandes quantidades de resíduos sólidos, sendo sua gestão em escala urbana difícil devido às implicações na saúde pública e no meio ambiente. Os desenvolvimentos na ciência e tecnologia permitiram a implementação de diferentes métodos de coleta, tratamento e descarte de resíduos sólidos não somente nos centros urbanos, mas em todas as localidades. Contudo, mesmo as novas tecnologias não estão isentas de riscos para a saúde pública e para a integridade ambiental, embora ofereça uma ampla variedade de benefícios nas dimensões social, econômica e ambiental.

A falta de sistemas de gestão de resíduos ou com sua má gestão, os perigos e os eventos perigosos associados às etapas que compõem os sistemas de resíduos sólidos, podem causar danos graves para saúde humana e na qualidade do ambiente, através da contaminação do ar, da água e do solo. As consequências desses eventos podem desencadear graves impactos para as populações expostas. Esses aspectos mostram a necessidade de desenvolver uma nova abordagem para os sistemas de gestão de RSU com base em avaliações de riscos e metodologias de gestão de riscos, a fim de identificar os perigos e eventos perigosos, avaliar riscos e aplicar medidas de controle para eliminar ou mitigar esses riscos e, assim, promover saúde pública e proteção ambiental.

O objetivo geral deste estudo foi propor diretrizes para nortear a gestão de RSU no sentido de contribuir para a identificação dos perigos e eventos perigosos presentes nas etapas de recolha, transporte, triagem, tratamentos e deposição final em aterro sanitário e por fim, reduzir os riscos presentes no sistema.

No decorrer do estudo foram realizadas visitas às instalações de empresas de gestão de resíduos sólidos situadas no norte de Portugal. As visitas tiveram o objetivo de coletar dados através de registros documentais e entrevista. Os dados coletados foram fundamentais para o levantamento de perigos e eventos perigosos oferecidos pelo sistema de resíduos.

E, finalmente, em relação à contribuição para construção de um PSRS, foi possível elaborar um manual baseado na fundamentação teórica, do conhecimento adquirido a partir do levantamento bibliográfico juntamente com os dados obtidos durante o estudo de caso e nos planos de

segurança de água de consumo (PSA) e de saneamento (PSS). Tal manual deverá ser utilizado como base para a versão definitiva do PSRS.

Como resultado do presente trabalho de investigação obteve-se um maior conhecimento dos perigos e eventos perigosos associados com os sistemas de gestão resíduos sólidos, as medidas de controlo que são utilizadas para cada um deles e o desenvolvimento do PSRS, um estudo inédito de grande importância para a população, entidades governamentais e empresas gestoras desses sistemas. Com o auxílio desta ferramenta será possível compreender e contornar as vulnerabilidades dos sistemas a potenciais perigos e eventos perigosos de maneira mais eficaz, contribuindo para aumentar a segurança destas infraestruturas sanitárias.

Deste modo, afirma-se que os objetivos a que se propôs o presente trabalho de investigação foram cumpridos, conforme é possível observar no decorrer do trabalho apresentado. E os resultados podem beneficiar empresas de gestão de resíduos, instituições de ensino, entidades do governo e a população em geral.

10.2 Sugestões para trabalhos futuros

Os principais objetivos do presente trabalho de investigação referiram-se ao levantamento dos perigos e eventos perigosos dos sistemas de gestão de resíduos sólidos e a elaboração de um manual para um PSRS. Os resultados do trabalho são relevantes para diversas entidades, contudo para um conhecimento aprofundado acerca dos perigos e eventos perigosos desses sistemas é fundamental o desenvolvimento de trabalhos semelhantes ao que aqui se apresenta.

Em relação a trabalhos futuros, existe uma série de linhas de desenvolvimento que podem ser seguidas. Como sugestões para estes trabalhos é possível citar a necessidade em obter-se maior conhecimento quanto aos possíveis impactos ambientais ocasionados por falhas estruturais em aterros sanitários, para em seguida recomendar novas medidas de controlo para os possíveis eventos perigosos.

Além da linha de investigação sugerida, também é recomendada a condução de estudos epidemiológicos nas populações vizinhas do aterro sanitário e de infraestruturas para triagem e tratamento de resíduos para verificar a extensão dos impactos negativos na população exposta,

principalmente nas estações de reciclagem e compostagem tendo em vista que já existe certo volume de estudos abordando as estações de incineração.

REFERÊNCIAS

- Abu el Ata, N. & Schmandt, R. (2016). *The Tyranny of Uncertainty*. Springer. Berlin.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. (1992). *ABR 1992 NBR 8419 - Apresentação de Projetos de Aterros Sanitários de Resíduos Sólidos Urbanos*. Brasil.
- Afonso, A. (2006). Metodologia HACCP: Prevenir os acidentes alimentares *Segurança e Qualidade Alimentar*, pp. 12-15.
- Alam, P. & Ahmade, K. (2013). Impact of solid waste on health and the environment. *Special Issue of International Journal of Sustainable Development and Green Economics*, 2(1), pp. 165-168.
- Ali, S. M., Pervaiz, A., Afzal, B., Hamid, N., Yasmin, A. (2014). Open dumping of municipal solid waste and its hazardous impacts on soil and vegetation diversity at waste dumping sites of Islamabad city. *Journal of King Saud University – Science*, 26, pp.59-65.
- Allan, K. J., Biggs, H. M., Halliday, J. E. B., Kazwala, R. R., Maro, V. P., Cleaveland, S., Crump, J. A. (2015). Zoonosis and a Paradigm for “One Health” in Africa. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 14(9), pp. 1-25.
- Alshenqeeti, H. (2014). Interviewing as a Data Collection Method: A Critical Review. *English Linguistics Research*, 3(1). doi:10.5430/elr.v3n1p39
- Ambrósio, F. B., Alves, D. A. & Fachine, G. J. (2010). Estudo da Biodegradabilidade de Polímeros por Meio do Respirômetro de Bartha. *Revista Mackenzie de Engenharia e Computação*, pp. 46-55.
- Anand, S. (2010). *Solid Waste Management*. New Delhi: Mittal Publication.
- Anônimo. Disponível em: <http://recifeamsterdam.blogspot.com.br/2011/07/>. Consultado em: 23 de Janeiro de 2017.
- APA (a) – Agência Portuguesa do Ambiente. (2011). Projeto de Plano Nacional de Resíduos (PNGR 2011-2020). Disponível em: <http://www.apambiente.pt/>. Consultado em: 26 de Maio de 2015.

- APA (b) – Agência Portuguesa do Ambiente. (2011). *Regime Geral de Resíduos/ Decreto-Lei n.º 73/2011*. Portugal.
- APA – Agência Portuguesa do Ambiente. (2017). *Licenciamento de Atividades de Tratamento de Resíduos*. Disponível em: <https://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=84&sub2ref=943>. Consultado em: 25 de Outubro de 2017.
- APA – Agência Portuguesa do Ambiente. (2014). *PERSU 2020 - Plano Estratégico para os Resíduos Urbanos (PERSU)*. Lisboa.
- ASTC. (2014). *A Garbage Timeline*. Disponível em: Association Of Science-Technology Centers: <http://www.astc.org/exhibitions/rotten/timeline.htm>. Consultado em: 15 de Setembro de 2014.
- ATSDR. (2011a). Toxic Substances Portal: Cadmium. Disponível em: <https://www.atsdr.cdc.gov/substances/toxsubstance.asp?toxid=15>. Consultado em: 17 de Agosto de 2017.
- ATSDR. (2011b). Toxic Substances Portal: Copper. Disponível em: <https://www.atsdr.cdc.gov/substances/toxsubstance.asp?toxid=37>. Consultado em: 17 de Agosto de 2017.
- ATSDR. (2011c). Toxic Substances Portal: Lead. Disponível em: <https://www.atsdr.cdc.gov/substances/toxsubstance.asp?toxid=22>. Consultado em: 17 de Agosto de 2017.
- Aven, T. (2015). *Risk Analysis*. 2nd Edition. Wiley. Chennai . India.
- Aven, T. (2009). Risk Analysis and Management. Basic Concepts and Principles. *Reliability & Risk Analysis: Theory & Applications*, pp. 57-73.
- Aven, T. (2016). Risk assessment and risk management: Review of recent advances on their foundation. *European Journal of Operational Research*, 253, pp. 1–13. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2015.12.023>
- Ayyub, B. M. (2014). *Risk Analysis in Engineering and Economics - Second Edition*. Chapman and Hall.

- Aziz, H. A. (2015). Control and Treatment of Landfill Leachate for Sanitary Waste Disposal (Advances in Environmental Engineering and Green Technologies) 1st Edition.
- Aziz, S. Q., Aziz, H. A., Yusoff, M. S., Bashir, M. J. K., Umar, M. Leachate characterization in semi-aerobic and anaerobic sanitary landfills: A comparative study. *Journal of Environmental Management*, 91, pp. 2608-2614. doi:10.1016/j.jenvman.2010.07.042
- Aziz, S. Q., Mojiri A. (2015). Composition of Leachate. In Aziz, S. Q. & Amr, S. A., Control and Treatment of Landfill Leachate for Sanitary Waste Disposal, pp. 144-171. Hershey. doi: 10.4018/978-1-4666-9610-5.ch007
- Bartoloni, A., Zammarchi, L. (2012). Clinical Aspects of Uncomplicated and Severe Malaria. *Mediterranean Journal Of Hematology And Infectious Diseases*. 4(1): e2012026 doi: 10.4084/MJHID.2012.026
- Bartram, J., Corrales, L., Davison, A., Deere, D., Drury, D., Gordon, B., Howard, G., Rinehold, A., Stevens, M. (2009). *Water Safety Plan Manual: Step-by-step risk management for drinking-water suppliers*. Geneva: World Health Organization.
- Beigl, P., Wassermann, G., Schneider, F., Salhofer, S. (2004). Forecasting Municipal Solid Waste Generation in Major European Cities. *2nd International Congress on Environmental Modelling and Software*, 83. Osnabrück.
- Benestad, R. E. (2017). A mental picture of the greenhouse effect - A pedagogic explanation. *Theoretical and Applied Climatology*, 128, pp. 679-688. doi: 10.1007/s00704-016-1732-y
- Beuken, R., Reinoso, M., Sturm, S., Kiefer, J., Bondelind, M., Åström, J., . . . Menaia, J. (2008). *Identification and description of hazards for water supply systems - A catalogue of today's hazards and possible future hazards*. TECHNEAU.
- Bhatt, S., Gething, P. W., Brady, O. J., Messina, J. P., Farlow, A. W., Moyes, C. L., Drake, J. M., Brownstein, J. S., Hoen, A. G., Sankoh, O., Myers, M. F., George, D. B., Jaenisch, T., Wint, G. R., Simmons, C. P., Scott, T. W., Farrar, J. J., Hay, S. I. (2013). The global distribution and burden of dengue. *Nature*. Vol 496(7446), pp. 504-507. doi: 10.1038/nature12060

- Bisinella, V., Götze, R., Conradsen, K., Damgaard, A., Christensen, T. H., Astrup, T. F. (2017). Importance of waste composition for Life Cycle Assessment of waste management solutions. *Journal of Cleaner Production*, 164, pp. 1180-1191.
- Boyd, J. (1922). *A garbage dump on the Toronto waterfront*. Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:A_garbage_dump_on_the_Toronto_waterfront.jpg. Consultado em: 23 de Janeiro de 2017.
- Braval. (2016). *História*. Disponível em: <http://www.braval.pt/index.php/historia-2/historia2-2>. Consultado em: 23 de Janeiro de 2016.
- Brennan, R. B., Clifford, E., Devroedt, C., Morrison, L., Healy, M. G. (2017). Treatment of landfill leachate in municipal wastewater treatment plants and impacts on effluent ammonium. *Journal of Environmental Management*, 188, pp. 64-72. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.11.055>
- Brevik, E. C., Steffan, J. J., Burgess, L. C., Cerdà, A. (2017). Links Between Soil Security and the Influence of Soil on Human Health. In: Field, D., Morgan, C. L., McBratney, A. B., Global Soil Security. Progress in Soil Science Series. Springer, 2017, Basel, 261-274.
- Broder, J. F. & Tucker, G. (2012). *Risk Analysis and the Security Survey, Fourth Edition*. Waltham: Butterworth-Heinemann.
- Bryman, A. & Bell, E. (2015). *Business research methods - 4th edition*. Oxford University Press. Oxford.
- Burkovski, A. (2014). *Corynebacterium diphtheriae and related toxigenic species: Genomics, pathogenicity and applications*. Springer. Erlanger.
- Burnley, S. J., Ellis, J. C., Flowerdew, R., Poll, A. J., Prosser, H. (2007). Assessing the composition of municipal solid waste in Wales. *Resources, Conservation and Recycling*, 49, pp. 264–283.
- Burriel, A. R. (2010). Leptospirosis: an important zoonotic diseasesis. In Mendez-Vilas A., Current Research, Technology and Education Topics in Applied Microbiology and Microbial Biotechnology, pp. 687-693. Formatex Research Center.

- Butt, T. E., Clark, M., Coulon, F. & Oduyemi, K. O. (2009). A review of literature and computer models on exposure assessment. *Environmental Technology*, pp. 1487-1501.
- Butt, T. E., Gouda, H. M., Baloch, M. I., Paul, P., Javadi, A. A. & Alam, A. (2014). Literature review of baseline study for risk analysis – The landfill. *Environment International*, pp. 149-162.
- Butt, T. E., Lockley, E. & Oduyemi, K. O. (2008). Risk Assessment Of Landfill Disposal Sites – State Of The Art. *Waste Management*, pp. 952-964.
- Cameron, I. T. & Raman, R. (2005). Process Systems Risk Management. Elsevier. Amsterdam – The Netherlands.
- Cardoso, T. G. & Carvalho, V. M. (2006). Toxinfecção alimentar por *Salmonella* spp. *Revista do Instituto de Ciências da Saúde*, 24(2), pp. 95-101.
- Carvalho, F. (2007). Estudo comparativo entre diferentes métodos de avaliação de risco, em situação real de trabalho. Tese submetida para obtenção do título de mestre. Lisboa – Portugal.
- Castro, J. (2010). Perceber o Risco. II congresso internacional de riscos e VI encontro nacional de riscos. 22 a 25 de maio de 2010. Apresentação de oral.
- Cavalcante, S. & Franco, F. M. (2007). Profissão perigo: percepção de risco à saúde entre os catadores do Lixão do Jangurussu. *Revista Mal-estar e Subjetividade*, 211-231.
- CEBQ/IST. (2006). *Avaliação do potencial de produção e utilização de CDR em Portugal Continental – Estudos base*. Lisboa: Instituto Superior Técnico – Centro de Engenharia Biológica e Química.
- CDC – Centers for disease control and prevention. (2016). Epidemiology & Risk Factors Disponível em: <https://www.cdc.gov/parasites/ascariasis/epi.html>. Consultado em: 16 de Maio de 2017.
- Chang, N. B. & Wang, S. F. (1996). Comparative Risk Analysis for Waste Management Systems Metropolitan Solid. *Environmental Management*, 65-80.

- Climate Action Programme. (2016). *Waste to power 10,000 UK homes*. Disponível em: http://www.climateactionprogramme.org/news/waste_to_power_10000_uk_homes. Consultado em: 14 de Fevereiro de 2016.
- Coelho, N. S., Almeida, Y. M. & Vinhas, G. M. (2008). Biodegradabilidade da Blenda de Poli(β -Hidroxiobutirato-co-Valerato)/Amido Anfótero na Presença de Microrganismos. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, pp. 270-276.
- Condor, J., Unatrakarna, D., Wilson, M. & Asghari, K. (2011). A Comparative Analysis of Risk Assessment Methodologies for the Geologic Storage of Carbon Dioxide. *Energy Procedia*, pp. 4036–4043.
- Cooper, D., Grey, S., Raymond, G. & Walker, P. (2005). *Project Risk Management Guidelines - Managing Risk in Large Projects and Complex Procurements*. Wiley.
- Cossu, R. (2013). Groundwater contamination from landfill leachate: when appearances are deceiving! *Waste Management*, 33, pp. 1793-1794.
- Costa, L T; Magalhães, F; Carmo, D F; Nassar, C C P; Gonçalves, C S; Menezes, A G T; Wilker, W; Oliveira, A; Mariano, F L; Nascimento, L V; Veneroso, F; Cais, T; Servidone, L E; Batista, C; Rojas, K (2012). Caracterização e percepção ambiental dos resíduos sólidos urbanos nas diferentes classes sociais no município de Alfenas-MG. *Revista em Agronegócios e Meio Ambiente*, pp. 25-49.
- CPHEEO - Central Public Health and Environmental Engineering Organization. (2000). Manual on Municipal Solid Waste Management. Ministry of Urban Development, Govt. of India, New Delhi.
- Cunha, G. F. (2013). Valoração da saúde humana em estudos de impacto ambiental. Tese submetida para obtenção do título de doutoramento. Florianópolis, SC - Brasil.
- Davison, A., Howard, G., Stevens, M., Callan, P., Fewtrell, L., Deere, D., Bartram, J. (2005). *Water Safety Plans Managing drinking-water quality from catchment to consumer*. World Health Organization. Geneva.
- Davoli, E., Fattore, E., Paiano, V., Colombo, A., Palmiotto, M., Rossi, A. N., . . . Fanelli, R. (2010). Waste Management Health Risk Assessment: A case Study of a Solid. *Waste Management*, 1608-1613.

- Deus, A. B., Luca, S. J. & Clarke, R. T. (2004). Índice de Impacto dos Resíduos Sólidos Urbanos na Saúde Pública (IIRSP): Metodologia e Aplicação. *Engenharia Sanitária Ambiental*, pp. 329-334.
- Dey, P. K. (2012). Project risk management using multiple criteria decision-making technique and decision tree analysis: a case study of Indian oil refinery. *Production Planning & Control: The Management of Operations*, pp. 903-921.
- Directiva 2008/98/CE. (2008). Legislação da UE em matéria de gestão de resíduos. Disponível em: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=celex:32008L0098>. Consultado em: 09 de Maio de 2017.
- Domingues, G. (2016). Análise de causa raiz (rca) - como identificar se sua sistemática é eficiente. Disponível em: <https://pt.linkedin.com/pulse/analise-de-causa-raiz-rca-como-identificar-se-sua-e-gustavo-domingues>. Consultado em: 29 de Maio de 2017.
- Domingo, J. L. (2002). Human health risks of dioxins for populations living near modern municipal solid waste incinerators. *Environmental Health*, 135–47.
- Domingo, J. L. & Nadal, M. (2009). Domestic waste composting facilities: A review of human health risks. *Environment International*, 382–389.
- Doody, O. & Noonan, M. (2013). Preparing and conducting interviews to collect data. *Nurse Researcher*, 20(5), pp. 28-32.
- Dougan, G. & Baker, S. (2014). Salmonella enterica Serovar Typhi and the Pathogenesis of Typhoid Fever. *Annual Review of Microbiology*, 68, pp. 317-336. <https://doi.org/10.1146/annurev-micro-091313-103739>
- Dyson, B. & Chang, N. B. (2005). Forecasting municipal solid waste generation in a fast-growing urban region with system dynamics modeling. *Waste Management*, 25, pp. 669–679. doi:10.1016/j.wasman.2004.10.005
- EA. (2011). *Additional guidance for H4 odour management*. Environment Agency. Bristol.
- Eaton, G. (2015). *A History of Civilization in 50 Disasters* (History in 50). Tilbury House Publishers and Cadent Publishing.

- Edjabou, M. E., Jensen, M. B., Götze, R., Pivnenko, K., Petersen, C., Scheutz, C., Astrup, T. F. (2015). Municipal solid waste composition: Sampling methodology, statistical analyses, and case study evaluation. *Waste Management*, pp. 12-23.
- EGSRA. (26 de Julho de 2013). *Associação de Empresas Gestoras de Sistemas de Resíduos*. Fonte: Noticias do Ambito da Municipal Waste Europe mwe 14: <http://www.egsra.pt/>
- Elliott, P., Briggs, D., Morris, S., Hoogh, C., Hurt, C. & Jensen, T.K. (2001). Literature review of baseline study for risk analysis – The landfill leachate case. *BMJ*, pp. 363-368.
- EPA. (1995). *Decision-Makers' Guide to Solid Waste Management*, Vol. II. Washington: Office of Solid Waste.
- EPA. (2016). Risk Communication. Disponível em: <https://www.epa.gov/risk/risk-communication>. Consultado em: 12 de Novembro de 2016.
- EPA. (2011). Integrated Risk Information System – IRIS Glossary. Disponível em: <http://ofmpub.epa.gov/>. Consultado em: 11 de Fevereiro de 2015.
- EPA. (2015). Waste Classification: List of Waste & Determining if Waste is Hazardous or Non-hazardous. Ireland.
- EPA. (2017). Sulfur Dioxide (SO₂) Pollution. Disponível em: <https://www.epa.gov/so2-pollution/sulfur-dioxide-basics#effects>. Consultado em: 15 de Junho de 2017.
- EPA. (2012). *Summary of Maximum Allowable Concentrations of Chemical Constituents In Uncontaminated Soil Used as Fill Material At Regulated Fill Operations*. Environmental Protection Agency. Illinois.
- ERSAR. (2012). Guia de avaliação da qualidade dos serviços de águas e resíduos prestados aos utilizadores – 2ª geração do sistema da avaliação. (2ª edição). Lisboa: Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos.
- ETHOS. (2012). Política Nacional de Resíduos Sólidos: Desafios e Oportunidades para as Empresas. São Paulo, SP, Brasil.
- European Commission. (2015). *Closing the loop—An EU action plan for the Circular Economy*. Brussels, Belgium. Disponível em: <http://ec.europa.eu/priorities/jobs-growth->

- investment/circular-economy/docs/communicationaction-plan-for-circular-economy_en.pdf. Consultado em: 11 de Setembro de 2017.
- Eurostat. (2010). Generation and treatment of waste, Eurostat statistics in focus 30/2009, Abril de 2009.
- Eurostat. (2012). Municipal waste statistics. Disponível em: http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Municipal_waste_statistics. Consultado em: 12 de Abril de 2017.
- Eurostat. (2017). Municipal waste statistics. Disponível em: http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Municipal_waste_statistics. Consultado em: 18 de Julho de 2017).
- EUWID. (2007). Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety disbelieves predicted overcapacities on the waste market (in German), pp. 21.
- Failing, L. & Harstone, M. (2012). *Structured Decision Making: A Practical Guide to Environmental Management*. Wiley.
- Ferreira, J. A. & Anjos, L. A. (2001). Aspectos de saúde coletiva e ocupacional associados à gestão dos resíduos sólidos municipais. *Caderno Saúde Pública*, 689-696.
- Flamberg, S., Rose, S. Kurth B., Sallaberry C. (2016). Paper Study on Risk Tolerance. *Kiefner*. Columbus.
- Forastiere, F., Badaloni, C., Hoogh, K., Kraus, M. K., Martuzzi, M., Mitis, F., Palkovicova, L, Porta, D., Preiss, P., Ranzi, A., Perucci, C. A., Briggs, D. (2011). Health Impact Assessment of Waste Management Facilities in Three European Countries. *Environmental Health*, 10(53), pp. 1-13. doi: 10.1186/1476-069X-10-53.
- Friis, R. H. (2012). *The Praeger Handbook of Environmental Health*. ABC-CLIO. Santa Barbara.
- Galante, E., Bordalo, D., Nobrega, M. (2014). Risk Assessment Methodology: Quantitative HazOp. *Journal of Safety Engineering*, 3(2), pp. 31-36. doi: 10.5923/j.safety.20140302.01
- Garcia, L. P. & Zanetti-Ramos, B. T. (2004). Health services waste management: a biosafety issue. *Cadernos de Saúde Pública*, pp. 744-752.

- Gill, P., Stewart, K., Treasure, E., Chadwick, B. (2008). Methods of data collection in qualitative research: interviews and focus groups. *British Dental Journal*, 204(6), pp. 291-295. doi: 10.1038/bdj.2008.192
- Giusti, L. (2009). A review of waste management practices and their impact on human health. *Waste Management*, pp. 2227-2239.
- Gomes, A. P., Nunes, E. R., Felipe, K. C., Carneiro, M. C., Santos, S. S. (2008). Teníase e cisticercose: breve revisão dos aspectos gerais. *Pediatrica moderna*, 44(4), pp.151-156.
- Gonçalves, R. S. (2005). *Catadores de materiais recicláveis: Trabalhadores fundamentais na cadeia de reciclagem do país*. Serviço social & sociedade.
- Gottfried, R. S. (1985) The Black Death: Natural and Human Disaster in Medieval Europe. *The Free Press*. New York.
- Gouveia, N. (2012). Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. *Ciência & Saúde Coletiva*, pp. 1503-1510.
- Guyer, J. P. (2011). *Engineering SoundBite: Solid Waste Incineration*. kindle Edition.
- Guzman, M. G., Alvarez, M., Halstead, S. B. (2013). Secondary infection as a risk factor for dengue hemorrhagic fever/dengue shock syndrome: an historical perspective and role of antibody-dependent enhancement of infection. *Archives of Virology*, 158(7), pp. 1445–1459.
- Habibi, A., Sarafrazi, A., Izadyar, S. (2014). Delphi Technique Theoretical Framework in Qualitative Research. *The International Journal Of Engineering And Science*, 3(4), pp. 8-13.
- Hailelassie, T. & Gebremedhin, K. (2015). Hazards Of Heavy Metal Contamination In Ground Water. *International Journal Of Technology Enhancements And Emerging Engineering Research*, 3(2), pp. 1-6.
- Hanks, T. G. (1967). Solid Waste/Disease Relationships, A Literature Survey. Public Health Service (DHEW), Cincinnati.
- He, Z. & Wu, C. (2011). Research of risk assessment system on tailings pond water pollution. *Procedia Engineering*, pp. 1788–1797.

- Hedges, N. (1971). Tenement courtyard. Disponível em: https://www.vice.com/en_us/article/3bjyg9/nick-hedges-scotland-slums-288. Consultado em: 22 de Novembro de 2017.
- Hoornweg, D. & Bhada-Tata, P. (2012). *WHAT A WASTE - A Global Review of Solid Waste Management*. Washington: Urban Development & Local Government Unit - World Bank.
- Hoornweg, D., Bhada-Tata, P., Kennedy, C. (2013). *Waste production must peak this century*. Nature, 502, pp.615-617.
- Hopkin, P. (2017). *Fundamentals of Risk Management. Understanding, Evaluating and Implementing Effective Risk Management*. 4rd Edition. Institute of Risk Management – IRM.
- IBGE. (2010). *Indicadores de Desenvolvimento Sustentável*. Rio de Janeiro, Brasil.
- Inoue, C. Y. A. & Ribeiro, T. M. M. L. (2016). Sustainable consumption and production patterns: solid waste and governance challenge from local to global. *Meridiano 47*. doi: <http://dx.doi.org/10.20889/M47e17008>
- Irimia-Diéguez, A. I., Sanchez-Cazorla, A., Alfalla-Luque, R. (2014). Risk Management in Megaprojects. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, pp. 407-416.
- ISO. (2011). *27005: Risk Management Standard*.
- ISO. (2009). *31000: Risk management – Principles and guidelines*.
- Jaishankar, M., Tseten, T., Anbalagan, N., Mathew, B. B., Beeregowda, K. N. (2014). Toxicity, mechanism and health effects of some heavy metals. *Interdisciplinary Toxicology*, 7(2), pp. 60–72. doi: 10.2478/intox-2014-0009
- Jarup, L., Briggs, D., Hoogh, C., Morris, S., Hurt, C., Lewin, A., . . . Elliott, P. (2002). Cancer risks in populations living near landfill sites in Great Britain. *British Journal of Cancer*, pp. 1732-1736.
- Jiang, W., Qu, F., Zhang, L. (2012). Quantitative identification and analysis on hazard sources of roof fall accident in coal mine. *Procedia Engineering*, pp. 83-88.

- Juras, I. D. (2012). *Legislação sobre Resíduos Sólidos: Comparação da Lei 12.305/2010 com a Legislação de Países Desenvolvidos*. Brasília - DF: Consultoria Legislativa da Câmara dos Deputados.
- Kaushal, R. K., Varghese, G., Chabukdhara, K. M. (2012). Municipal Solid Waste Management in India - Current State and Future Challenges: A Review. *International Journal of Engineering Science and Technology*, 4(4), pp. 1473-1489.
- Kendrick, T. (2015). *Identifying and Managing Project Risk: Essential Tools for Failure-Proofing Your Project*. Third Edition. PMP. New York.
- Khajuria, A., Yamamoto, Y., Morioka, T. (2010). Estimation of municipal solid waste generation and landfill area in Asian developing countries. *Journal of Environmental Biology*, 31(5), pp. 649-654.
- Khan, D., Kumar, A., Samadder, S. R. (2016). Impact of socioeconomic status on municipal solid waste generation rate. *Waste Management*, 49, pp.15-25. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2016.01.019>
- Kirwan, B. (1994). *A Guide To Practical Human Reliability Assessment*. CRC Press. London – England.
- Kjeldsen, P., Barlaz, M. A., Rooker, A. P., Baun, A., Ledin, A., Christensen, T. H. (2002). Present and Long-Term Composition of MSW Landfill Leachate: A Review. *Journal Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 32(4), pp. 297-336. <http://dx.doi.org/10.1080/10643380290813462>
- Klinke, A. & Renn, O. (2010). Chapter 2- Risk Governance: Contemporary and Future Challenges. Em Eriksson, J., Gilek, M., Rudén, C., *Regulating Chemical Risks: European and Global Challenges*, pp. 9-27. Springer. Stockholm.
- Klinke, A. & Renn, O. (2011). Adaptive and integrative governance on risk and uncertainty. *Journal of Risk Research*, pp. 1-20.
- Koop, S. H. A. & Leeuwen, C. J. V. (2017). The challenges of water, waste and climate change in cities. *Environment, Development and Sustainability*, 19, pp. 385–418. doi: 10.1007/s10668-016-9760-4

- Kumar, M., Mohanty, S., Nayak, S. K. & Parvaiz, M. R. (2010). Effect of glycidyl methacrylate (GMA) on the thermal, mechanical and morphological property of biodegradable PLA/PBAT blend and its nanocomposites. *Bioresource Technology*, pp. 8406-8415.
- LaGrega, M. D., Buckingham, P. L. & Evans, J. C. (2010). *Hazardous Waste Management: Second Edition*. Waveland Press.
- Lazzari, M. A. & Reis, C. B. (2011). Os coletores de lixo urbano no município de Dourados (MS) e sua percepção sobre os riscos biológicos em seu processo de trabalho. *Ciência & Saúde Coletiva*, 3437-3442.
- Liliana, L. (2016). *A new model of Ishikawa diagram for quality assessment*. 20th Innovative Manufacturing Engineering and Energy Conference – Materials Science and Engineering, 161. doi:10.1088/1757-899X/161/1/012099
- Lima, J. G. (2013). Análise das Condições de Segurança, Avaliação e Prevenção de Riscos Profissionais na Recolha de Resíduos Sólidos Urbanos. *Dissertação* apresentada para obtenção de título *de Mestre em Ambiente, Saúde e Segurança na Universidade dos Açores*. Portugal.
- Lima, J. S. de. (2011). *Análise dos impactos das substituições de hidrômetros: estudo de caso na cidade de Paulo Afonso*. Dissertação apresentada para conclusão do curso de graduação em Sistemas de Informação.
- Linstone, H. A. & Turoff, M. (1975). *The Delphi method: techniques and applications*. Addison-Wesley Pub. New Jersey.
- Lipor. (2016). *A Lipor*. Disponível em: <https://www.lipor.pt/pt/>. Consultado em 23 de Janeiro de 2016.
- LISBOA. (2006). Decreto-lei n.º 178: Gestão de Resíduos. *Diário da República*.
- Liu, C., Chong-Kuan, T., Yea-Saen, F. & Tat-Seng, L. (2012). The Security Risk Assessment Methodology. *Procedia Engineering*, pp. 600-609.
- Lundgren, R. E. & McMakin, A. H. (2013). *Risk Communication: A Handbook for Communicating Environmental, Safety, and Health Risks*. Fifth edition. IEEE Press. Piscataway.

- Lupatini, G. (2002). Dissertação apresentada para obtenção de título de mestre em Engenharia Ambiental. *Desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão em escolha de áreas para aterros sanitários*. Florianópolis, SC, Brasil: Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC.
- Mackey-Lawrence, N. M. & Petri Jr, W. A. P. (2011). Amoebic dysentery. *BMJ Clinical Evidence*, 01(918), pp. 01-17.
- Mala, E., Oberoi, A., Alexander, V. S. (2014). Vibrio isolates from cases of acute diarrhea and their antimicrobial susceptibility pattern in a tertiary care hospital. *International Journal of Basic and Applied Sciences*, 3(1), pp. 35-37. doi: 10.14419/ijbas.v3i1.1735
- Manfredi, S., Tonini D., Christensen, T. H. (2009). Landfilling of waste: Accounting of greenhouse gases and global warming contributions. *Waste Management & Research*, 27, pp. 825–836. doi: 10.1177/0734242X09348529
- Marques, J. R. (2005). Meio Ambiente Urbano. Rio de Janeiro: Forense Universitária.
- Martiello, A., Chiodini, P., Bianco, E., Forgione, N., Flammia, I., Gallo, C., Pizzuti, R., Panico, S. (2013). Health effects associated with the disposal of solid waste in landfills and incinerators in populations living in surrounding areas: a systematic review. *International Journal of Public Health*, 58(5), pp. 725-735.
- McgrathGroup. (2017). Recycling And Materials. Disponível em: <http://mcgrathgroup.co.uk/services/recycling/>. Consultado em: 11 de Junho de 2017.
- McNeil, A. J., Frey, R., Embrechts, P. (2015). *Quantitative Risk Management Concepts, Techniques and Tools*. Princeton University Press. Princeton.
- Metzger, T. (2009). *Waste Watchmen - A notable history of protecting health and the environment*. Disponível em: http://www.waste360.com/Collections_And_Transfer/sanitation-recycling-through-history-200905. Consultado em: 08 de Setembro de 2017.
- Mishra, H., Karmakar, S, Kumar, R., Singh, J. (2016). A Framework for Assessing Uncertainty Associated with Human Health Risks from MSW Landfill Leachate Contamination. *Society for Risk Analysis*, pp. 01-19. doi: 10.1111/risa.12713

- Miziara, R. (2008). Por uma história do lixo . *Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente*, 6.
- Mohan, S., Gandhimathi, R. (2009). Removal of heavy metal ions from municipal solid waste leachate using coal fly ash as an adsorbent. *Journal of Hazardous Materials*, 169(1), pp. 351–359. doi:10.1016/j.jhazmat.2009.03.104 PMID:19395171
- Montes, E. (2013). Revisões de documentação – Ferramentas de risco. Disponível em: <https://escritoriodeprojetos.com.br/revisoes-de-documentacao>. Consultado em: 6 de Maio de 2017.
- Montes, E. (2017). Premissas de um projeto - Introdução ao Gerenciamento de Projetos. Disponível em: <https://escritoriodeprojetos.com.br/premissas-de-um-projeto>. Consultado em: 25 de Abril de 2017.
- MS - Ministério Da Saúde. (2010). Manual integrado de vigilância e controle da febre tifóide. Série A. Normas e Manuais Técnicos. Editora MS. Brasília – Brasil.
- Nicell, J. A. (2009). Assessment and regulation of odour impacts. *Atmospheric Environment*, 196–206.
- Nota, G. (2010). *Advances in Risk Management*. Sciyo.
- Nunes, A. B. & Mariano, G. L. (2015). *Metereologia em Tópicos: Volume 2. 1ª Edição*. Pelotas – RS.
- OECD – Organisation for Economic Co-operation and Development. (2002). OECD Guidance Document On Risk Communication For Chemical Risk. *IOMS*. Paris.
- Ogbalu, O. K. & Douglas, S. (2015). Microbiological Investigations of Selected Flies of Public Health Importance from a Waste Dump Site in Port Harcourt, Nigeria. *Journal of Pharmacy and Biological Sciences*, 10(1), pp. 75-78.
- Olaru, M., Şandru, M., Pirnea, I. C. (2014). Monte Carlo method application for environmental risks impact assessment in investment projects. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 109, pp. 940–943. doi: 10.1016/j.sbspro.2013.12.568

- Oliveira, V. M., Nova, M. X. V., Assis, C. R. D. (2012). Doenças tropicais negligenciadas na região nordeste do Brasil. *Scire Salutis*, 2(2), pp. 29-48. doi: 10.6008/ESS2236-9600.2012.002.0003
- ONU. (2010). *Assembleia Geral da ONU: Resolução A/RES/64/292*. Disponível em: www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/64/292. Consultado em: 23 de Outubro de 2017.
- ONU. (2016). *Um círculo virtuoso: a integração de catadores na gestão de resíduos sólidos*. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/um-circulo-virtuoso-a-integracao-de-catadores-na-gestao-de-residuos-solidos/>. Consultado em: 11 de Junho de 2017.
- Oran, B. (2017). *National Primary Drinking Water Standards*. Disponível em: <http://www.water-research.net/index.php/standards/primary-standards>. Consultado em: 25 de Março de 2017.
- Palmiotto, M., Fatore, E., Paiano, V., Celeste, G., Colombo, A. & Davoli, E. (2014). Influence of a municipal solid waste landfill in the surrounding environment: Toxicological risk and odor nuisance effects. *Environment International*, pp. 16-24.
- Pamnani, A., Raval, A., Kachwala, A. (2015). Municipal Solid Waste management for developing country: Issues and concerns. *International Journal of Advancement in Engineering Technology, Management & Applied Science*, 2(11), pp. 01-05.
- Pan, Y., Wu, Z., Zhou, J., Zhao, J., Ruan, X., Liu, J. & Qian, G. (2013). Chemical Characteristics and Risk Assessment of Typical Municipal Solid Waste Incineration (MSWI) Fly Ash in China. *Journal of Hazardous Materials*, 269-276.
- Pereira, A. L. & Maia, K. M. (2012). Contribuição da gestão de resíduos sólidos e educação ambiental na durabilidade de aterros sanitários. *Sinapse Múltipla*, pp. 68-80.
- Perez, H.R., Frank, A.L. & Zimmerman, N.J. (2006). Health Effects Associated With Organic Dust Exposure During the Handling of Municipal Solid Waste. *Indoor and Built Environment*, 207-212.
- PHE – Public Health England. (2009). Nickel: Toxicological Overview. (Version 1)

- Picinato, M. A. C., Grisolio, A. P. R., Caselani, K., Nunes, J. O. R., Carvalho, A. A. B., Ferraudo, A. S. (2015). Dengue: uma visão sobre o vetor urbano *Aedes aegypti* e a difícil interface do seu controle. *Veterinária em Foco*, 13(1), pp. 11-25.
- Piedade, M. & Aguiar, P. (2013). *Opções de gestão de resíduos urbanos - Série Guias Técnicos 15*. Lisboa: Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos.
- Plum, L. M., Rink, L., Haase, H. (2010). The Essential toxin: impact of zinc on human health. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 7(4), pp. 1342-1365. doi: 10.3390/ijerph7041342
- PMI. (2008). *Um Guia do Conhecimento Em Gerenciamento de Projetos (PMBok) - Quarta Edição*. Global Standard.
- Pohland, F. G. & Gould, J. P. (1986). Co-Disposal of Municipal Refuse and Industrial Waste Sludge in Landfills. *Water Science Technology*, 18(12), pp. 177-192.
- Pollard, S. J., Smith, R., Longhurst, P. J., Eduljee, G. H. & Hall, D. (2006). Recent developments in the application of risk analysis to waste technologies. *Environment International*, 1010-1020.
- Poplin, G. S., Pollack, K. M., Griffin, S., Day-Nash, V., Peate, W. F., Nied, E., Gulotta, J., Burgess, J. L. (2015). Establishing a proactive safety and health risk management system in the fire service. *BMC Public Health*, 15(407), pp. 01-12. doi: 10.1186/s12889-015-1675-8
- Pritchard, C. L. (2015). *Risk Management: Concepts and Guidance*. Fifth Edition. CRC Press. Boca Raton.
- Proag, S. L. & Proag, V. (2014). A framework for risk assessment. *Procedia Economics and Finance*, pp. 206-213.
- Prüss-Ustün, A., Wolf, J., Corvalán, C., Neville, T., Bos R., Neira, M. (2016). Diseases due to unhealthy environments: an updated estimate of the global burden of disease attributable to environmental determinants of health. *Journal of Public Health*, 39(3), pp. 464–475. doi: <https://doi.org/10.1093/pubmed/fdw085>
- PWC. (2008). *A Practical Guide for Risk Assessment - How principles-based risk assessment enables organizations to take the right risks*. Price WaterhouseCoopers.

- Rani-Borges B. & Vieira J. M. P. (2016). *Assessment of hazards and hazardous events in municipal solid waste management systems*. 17^o National Meeting of Sanitary and Environmental Engineering, pp. 367-374. doi:10.22181/17ENASB.2016,.
- Rani-Borges B. & Vieira J. M. P. (2017). *Hazards identification in waste collection systems: A case study*. In: The 4th Edition of the International Conference Wastes: Solutions, Treatments and Opportunities II, 2017, Porto. Taylor & Francis Group: CRC Press. pp. 227-233. <https://doi.org/10.1201/9781315206172-36>
- Rani-Borges, B. & Vieira, J. P. (2015). *Risk management in landfills. A public health perspective*. Viana do Castelo - Portugal. 3rd edition of the International Conference WASTES: Solutions, Treatments and Opportunities. Londres: CRC Press Taylor e Francis Group, pp. 247-252. doi:10.1201/b18853-42
- Rathje, W. & Murphy, C. (1992). *Rubbish! The Archaeology of Garbage*. New York: Harper Collins Publishers.
- Rausand, M. (2011). *Risk Assessment: Theory, Methods, and Applications*. Hoboken: Wiley.
- Ribeiro, T. F. & Lima, S. C. (2000). Coleta Seletiva de Lixo Domiciliar – Estudo de Casos. *Caminhos de Geografia*, pp. 50-69.
- Ruppenthal, J. E. (2013). *Gerenciamento de Riscos*. Ministério da Educação - Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica. Rede e-Tec. Santa Maria/ Brasil.
- Rushton, L. (2003). Health hazards and waste management. *British Medical Bulletin*, 183-197.
- Russo, M. A. (2003). Tratamento de Resíduos Sólidos. *Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre - Universidade de Coimbra*. Portugal.
- Sadgrove, K. (2016). *The Complete Guide to Business Risk Management*. Third Edition. Gower Publishing. New York.
- Santos, G. O. (2008). Resíduos sólidos domiciliares, ambiente e saúde: (inter)relações a partir da visão dos trabalhadores do sistema de gerenciamento de resíduos sólidos de Fortaleza/CE. *Dissertação apresentada para obtenção de título de Mestre em Produção, Ambiente e Saúde do Departamento de Saúde Comunitária da Faculdade de Medicina da Universidade Federal do Ceará: Brasil*.

- Schalch, V., Leite, W. C. A., Fernandes, J. L. Jr., Castro, M. C. A. A. (2002). *Gestão e gerenciamento de resíduos sólidos*. São Carlos: USP.
- Scheer, D., Benighaus, C., Benighaus, L., Renn, O., Gold, S., Roder, B. & Bol, G. F. (2014). The Distinction Between Risk and Hazard: Understanding and Use in Stakeholder Communication. *Risk Analysis*, pp. 1270-1285.
- Schellini, S. A. & Sousa, R. L. F. (2012). Tracoma: ainda uma importante causa de cegueira. *Revista Brasileira de Oftalmologia*, 71(3), pp. 199-204.
- Serpella, A. F., Ferrada, X., Howarda, R. & Rubio, L. (2014). Risk management in construction projects: a knowledge-based approach. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, pp. 653–662.
- Sharma, M. (2016). Urban Solid Waste Management: Envisaging Framework and Solutions for Tackling Solid Waste in Cities. *Council on Energy, Environment and Water*. New Dheli.
- Shaylor, H., McBride, M., Harrison, E. (2009). Sources and Impacts of contaminants in Soil. Cornell Waste Management Institute.
- Shi, Y. (2015). Emerging Research on Swarm Intelligence and Algorithm Optimization. IGI Global. Hershey.
- Silva, M. E. F., Ferreira, B. S. T. & Brás, I. P. L. (2015). Indicadores de Qualidade na Prestação de Serviços de Gestão de Resíduos Urbanos – Caso de Estudo. *Millenium*, n.º 48. Pp. 91-109.
- Simkin, J. (1997). *Disease in the 14th Century*. Disponível em: <http://spartacus-educational.com/YALDdisease.htm> Consultado em: 08 de Setembro de 2017.
- Siqueira, M. M. & Moraes, M. S. (2009). Saúde coletiva, resíduos sólidos urbanos e os catadores de lixo. *Ciência & Saúde Coletiva*, 2115-2122.
- Slack, R. J., Gronow J. R., Voulvoulis N. (2005). Household hazardous waste in municipal landfills: contaminants in leachate. *Science of the Total Environment*, 337, pp. 119–137. doi:10.1016/j.scitotenv.2004.07.002
- Srivastava, V., Ismail, S. A., Singh, P., Singh, R. P. (2014). Urban solid waste management in the developing world with emphasis on India: challenges and opportunities. *Reviews in*

- Environmental Science and Bio/Technology*, 14, pp. 317-337. doi: 10.1007/s11157-014-9352-4
- Struik, L. C., Jong, S. V., Shoubridge, J., Pearce, L. D. & Dercole, F. (2015). *Risk-based Land-use Guide*. Geological Survey of Canada, Open File xxx. doi:10.4095/xxxxx.
- Tague, N. R. (2005). The quality toolbox. 2nd edition. *American Society for Quality, Quality Press*. Milwaukee
- TECHNEAU. (2008). *Identification and description of hazards for water supply systems - A catalogue of today's hazards and possible future hazards*.
- Tohidi, H. (2011). The Role of Risk Management in IT systems of organizations. *Procedia Computer Science*, pp. 881-887.
- Thompson, T., Fawell J., Kunikane, S., Jackson, D., Appleyard, S, Callan, P., Bartram, J., Kingston, P. (2007). *Chemical safety of drinking-water: Assessing priorities for risk management*. World Health Organization. Geneva.
- Travis, W. R. & Bates, B. (2014). What is climate risk management? - Editorial. *Climate Risk Management*, pp. 1-4.
- UNE. (2008). *150008: Análisis y evaluación del riesgo ambiental - Norma Española*. Madrid: AENOR.
- Valente, B. S., Xavier, E. G., Rodrigues, J. M., Kivel, T. H. (2016). Impactos ambientais dos resíduos sólidos no município de Pelotas/RS: Um olhar fotográfico. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, 20(1), pp. 97-104.
- Velloso, M. P. (2008). Os restos na história: percepções sobre resíduos. *Ciência & Saúde Coletiva*, pp. 1953-1964.
- Velloso, M. P., Santos, E. M. & Anjos, L. A. (1997). The labor process and work-related accidents among garbage collectors in Rio de Janeiro, Brazil. *Caderno Saúde Pública*, pp. 693-700.
- Vergara, S. E. & Tchobanoglous, G. (2012). Municipal Solid Waste and the Environment: A Global Perspective. *The Annual Review of Environment and Resources*, 277-309.

- Vieira, J. M. P. (2014). *Landfill Safety Plan. A Methodology to Guarantee Safe Waste Management*. 2nd International Africa Sustainable Waste Management Conference. Luanda, Angola.
- Vieira, J. (2011). A Strategic Approach for Water Safety Plans Implementation in Portugal. *Journal of Water and Health*, pp. 107-116.
- Vieira, J. M. & Morais, C. (2005). *Planos de segurança da água para consumo humano em sistemas públicos de abastecimento*. Instituto Regulador de Águas e Resíduos, Lisboa.
- Vieira, J. M., Breach, B. & Hirata, R. (2011). Developing a Catchment Water Safety Plan. Em B. Breach, *Drinking Water Quality Management from Catchment to Consumer. A Practical Guide for Utilities Based on Water Safety Plans*, pp. 51-89. London: IWA.
- VMIA. (2014). *Guide to Developing and Implementing a Risk Management Framework*. Risk management and Insurance.
- VROM. (2001). *General policy on waste*. Fact sheet. The Hague: Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment. <http://www.wbcsdcement.org/pdf/tf2/01GenPolonWaste.pdf>. Consultado em: 02 de Julho de 2017.
- Wagner, J. & Bilitewski, B. (2009). The temporary storage of municipal solid waste – Recommendations. *Waste Management*, 1693–1701.
- Wall, D. H., Nielsen, U. N., Six, J. (2015). Soil biodiversity and human health. *Nature*, 528, pp. 69–76. doi:10.1038/nature15744
- Walls, L., Revie, M., Bedford, T. (2016). *Risk, Reliability and Safety: Innovating Theory and Practice: Proceedings of ESREL*. CRC Press. Glasgow.
- Wang, Y. (2013). *Leachate management in the aftercare period of municipal waste landfill*. Tese submetida para obtenção do título de doutoramento. Aalto University. Helsinki.
- Weber, C., Koutero, M., Dillies, M. A., Varet, H., Lopez-Camarillo, C., Coppée, J. Y., Hon, C. C., Guillén, N. (2016). Extensive transcriptome analysis correlates the plasticity of *Entamoeba histolytica* pathogenesis to rapid phenotype changes depending on the environment. *Scientific Reports*, 6(35852), pp. 1-13. doi:10.1038/srep35852.

- WHO. (2014a). *A global brief on vector-borne diseases*. World Health Organization. Geneva.
- WHO. (2012). *Air Pollution Among Top Global Health Risks*. Disponível em: <https://sph.umd.edu/news-item/air-pollution-among-top-global-health-risks>. Consultado em: 9 de Março de 2017.
- WHO. (2005). *Air quality guidelines global update. Report on a Working Group meeting*. Bonn, Germany, 18-20 October 2005. World Health Organization.
- WHO. (2011). *Guidelines for Drinking-Water Quality: Volume 1 Recommendations, 4th Edition*. World Health Organization. Geneva.
- WHO. (2009). Guidelines - Microbiological Risk Assessment Series. *Risk Characterization of Microbiological Hazards in Food*. World Health Organization. Geneva.
- WHO. (2015). *Planeamento da Segurança do Saneamento Manual para o Uso e Eliminação Segura de Águas Residuais, Águas Cinzentas e Dejetos*. World Health Organization. Geneva.
- WHO. (2007). *Population Health and Waste Management: Scientific Data and Policy Options*. Rome: World Health Organisation - European Centre for Environment and Health. World Health Organization. Geneva.
- WHO. (2017). *Preventing waterborne disease - Ensuring safe drinking-water*. Disponível em: http://www.who.int/phe/events/wha_66/flyer_wsh_water_borne_disease.pdf. Consultado em: 24 de Setembro de 2017.
- WHO. (2016a). *Sanitation Safety Plan Manual - Risk management guide for the safe use of domestic wastewater in Latin America*. World Health Organization. Geneva.
- WHO. (2016b). *The Global Guardian of Public Health*. World Health Organization. Geneva.
- WHO. (2014b). *Water Safety in Distribution Systems*. World Health Organization. Geneva.
- WHO. (2004). *Water Safety Plans*. World Health Organization. Geneva.
- WHO. (2010). Weekly epidemiological record. *Annual subscription*, 13(85), pp. 117–128. World Health Organization. Geneva.
- WHO, CDS, CSR, EDC. (1999). *Laboratory Methods for the Diagnosis of Epidemic Dysentery and Cholera*. Atlanta.

- Williams, P. T. (2005). *Waste Treatment and Disposal*. Second Edition. Wiley. Chichester.
- Wiszniewski, J., Robert, D., Surmacz-Gorska, J., Miksch, K., Weber, J. V. (2006). Landfill leachate treatment methods: A review. *Environmental Chemistry Letters*, 4, pp. 51-61. doi: 10.1007/s10311-005-0016-z
- Woodbury, J. M. (1903). *The wastes of a great city*. Scribner's Magazine, 34 (4), pp. 395. Disponível em: <https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=mdp.39015030597085;view=1up;seq=421>. Consultado em: 23 de Janeiro de 2017.
- Xia, T., Jiang, L., Jia, X., Zhong, M. & Liang, J. (2014). Application of probabilistic risk assessment at a coking plant site contaminated by polycyclic aromatic hydrocarbons. *Frontiers of Environmental Science & Engineering*, pp. 441-450.
- Yang, Y., Pam, H. J., Kumaraswamy, M. M. (2009). Framework Development of Performance Prediction Models for Concrete Bridges. *Journal of Transportation Engineering*, 135(8). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)TE.1943-5436.0000018](https://doi.org/10.1061/(ASCE)TE.1943-5436.0000018)
- Zaman, A. U. (2010). Comparative study of municipal solid waste treatment technologies using life cycle assessment method. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 7(2), pp. 225-234
- ZARA, A. L. S. A., Santos, S. M., Fernandes-Oliveira, E. S., Carvalho, R. G., Coelho, G. E. (2016). Estratégias de controle do *Aedes aegypti*: uma revisão. *Epidemiologia e Serviço da Saúde*, 25(2), pp. 391-404.