

Sistema Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos

Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável

Fundação Estadual do Meio Ambiente

Diretoria de Gestão de Resíduos

Gerência de Resíduos Especiais

**DIAGNÓSTICO DO GERENCIAMENTO E DESTINAÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS
DE SERVIÇOS DE SAÚDE NO ESTADO DE MINAS GERAIS**

Pesquisadora: Cíntia Amélia Soares Matos

Coordenadora: Luiza Silva Betim

Dezembro de 2016

LISTA DE SIGLAS

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

ART – Anotação de Responsabilidade Técnica

AAF – Autorização Ambiental de Funcionamento

CDTN – Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear

CEE – Comissão de Estudo Especial

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

CNEN – Comissão Nacional de Energia Nuclear

CNES – Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

COPAGRESS – Comissão Permanente de Apoio ao Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde

COPAM – Conselho Estadual de Política Ambiental

COPASA - Companhia de Saneamento de Minas Gerais

CORI – Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa

CVS – Centro de Vigilância Sanitária do Estado de São Paulo

DN – Deliberação Normativa

DRDR – Declaração de Responsabilidade pela Destinação de Resíduos

DVST – Divisão de Vigilância Sanitária do Trabalho

ECP – Equipamento de Controle de Poluição

EDR – Eficiência de Destruição e Remoção

EPA – *Environmental Protection Agency*

FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente

FISPQ – Ficha de Informação de Segurança de Produtos Perigosos

GTT – Grupo Técnico Temático

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

LAS – Licenciamento Ambiental Simplificado

LI – Licença de Instalação

LO – Licença de Operação

LP – Licença Prévia

MMA – Ministério do Meio Ambiente

MOPP – Movimentação e Operação de Produtos Perigosos

PCBs – Bifenilas Policloradas

PET – Poli-Tereftalato de Etileno

PGRS – Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos

PGRSS – Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde

RMBH – Região Metropolitana de Belo Horizonte

RPM – Resíduos Perigosos de Medicamentos

RSS – Resíduos de Serviço de Saúde

RSU – Resíduos Sólidos Urbanos

RDC – Resolução da Diretoria Colegiada

SEMAD – Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável

SERSA/DIPET – Serviços de Saúde e Produtos

SETOX – Núcleo de Toxicovigilância

SEVISA – Sistema Estadual de Vigilância Sanitária

SIAM – Sistema Integrado de Informação Ambiental

SISEMA – Sistema Estadual do Meio Ambiente

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

SUPRAM – Superintendência Regional de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável

TAC – Termo de Ajustamento de Conduta

UTC – Usina de Triagem e Compostagem

UTRSS – Unidade de Transferência de Resíduos de Serviços de Saúde

VOCs – Compostos Orgânicos Voláteis

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma básico – destinação final de rejeitos radioativos	21
Figura 2 – Equipamento de autoclave	34
Figura 3 - Descarregamento de resíduos para trituração e resíduos triturados	37
Figura 4 - Incubação dos indicadores biológicos	38
Figura 5 - Teste Bowie & Dick.....	39
Figura 7 - Etapas da incineração e opções de componentes de processos típicos	43
Figura 6 - Incinerador	43
Figura 8 - Forno rotativo	45
Figura 9 - Incinerador de câmaras fixas.....	46
Figura 10 - Incinerador de leito fluidizado.....	47
Figura 11 - Incinerador de injeção líquida	48
Figura 12 - Filtros de manga	52
Figura 13 - Precipitador eletrostático	54
Figura 14 - Lavador Venturi.....	55
Figura 15 – Ciclone	56
Figura 16- Microondas.....	61
Figura 17 - Descarregamento dos resíduos após tratamento	62
Figura 18 - Fluxo do processo no reator pirolítico	63
Figura 19 - Fluxograma do processo de desativação eletrotérmica	65
Figura 20 - Controle de operação – Desativação eletrotérmica.....	66
Figura 21 - Fluxograma do processo	68
Figura 22 - Decompositor termomagnético.....	68
Figura 23 - Esquema do processo de plasma a frio	70
Figura 24 - Processo de desinfecção química	72
Figura 25 - Aterro sanitário	86

Figura 26 - Célula de disposição final de RSS	87
Figura 27 - Aterro classe I – resíduos perigosos	88

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Isótopos mais comuns em estabelecimentos de saúde	20
Tabela 2 - Comparação das legislações e normas vigentes referentes à incineração.....	50
Tabela 3 - Características de materiais utilizados como meio filtrante – Filtro de manga	53
Tabela 4 - Comparação das legislações e normas vigentes referentes à incineração.....	59
Tabela 5 - Classificação das modalidades de pirólise	64
Tabela 6- Número de estabelecimentos de saúde cadastrados no Estado de Minas	103
Tabela 7 - Número de empreendimentos privados prestadores de serviços de transferência e/ou	105
Tabela 8 - Número de empreendimentos públicos prestadores de serviços relativos ao tratamento de	106
Tabela 9 - Estimativas da quantidade de RSS encaminhado à destinação final e da massa de RSS....	112
Tabela 10 - Destinação dos RSS gerados nos 623 municípios do estado de Minas Gerais contidos ...	114
Tabela 11 - Destinação dos RSS coletados nos 623 municípios do estado de Minas Gerais com.....	117
Tabela 12 - Número de municípios que enviam RSS a cada classe de destinação final, por faixa.....	119

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classificação dos resíduos de serviços de saúde.....	18
Quadro 2 – Principais atividades relacionadas ao gerenciamento dos RSS listadas na DN 74/2004 ...	30
Quadro 3 - Descrição dos níveis de inativação microbiana	33
Quadro 4 - Principais critérios exigidos pela norma CETESB E15.010/2011	41
Quadro 5- Aplicabilidade dos tipos de incineradores.....	44
Quadro 6- Classificação dos RPM	75
Quadro 7- Vantagens e desvantagens dos métodos de recuperação da prata.....	81
Quadro 8 - Comparação das tecnologias de tratamento de RSS.....	83
Quadro 9- Critérios mínimos para disposição final de RSS.....	86
Quadro 10 - Destinação final de RSS segundo RDC ANVISA nº 306/2004; Resolução CONAMA nº 358/2005 e DN nº 171/2011	89
Quadro 11 - Principais normas referentes aos RSS.....	92
Quadro 12 - Principais atividades relacionadas à transferência e destinação final de resíduos sólidos	96
Quadro 13 - Destinação final dada aos resíduos e efluentes gerados no processo de tratamento - Conforme Declaração de RSS ano base 2014	123

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Percentual de distribuição dos estabelecimentos de saúde por SUPRAM.....	104
Gráfico 2 - Destinação de RSS em unidade municipal de destinação final de resíduos	107
Gráfico 3 - Informações sobre terceirização da destinação final de RSS	109
Gráfico 4 - Tipos de tratamento de RSS empregados.....	110

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1 Classificação dos RSS	16
2.2 Gestão de resíduos sólidos e a atuação da Feam no Estado de Minas Gerais	22
2.3 Gerenciamento dos RSS	24
2.4 Regularização ambiental	29
2.5 Tecnologias de tratamento de Resíduos de Serviços de Saúde	32
2.5.1 Autoclavagem	34
2.5.1.1 Teste de eficiência da desativação microbiana	37
2.5.2 Incineração	42
2.5.2.1 Equipamentos de controle de poluição atmosférica	51
2.5.2.1.1 Filtros de manga	52
2.5.2.1.2 Precipitadores eletrostáticos	54
2.5.2.1.3 Lavador Venturi	55
2.5.2.1.4 Ciclones	56
2.5.2.2 Legislação e normas aplicáveis	57
2.5.3 Microondas	61
2.5.4 Pirólise	63
2.5.5 Desativação Eletrotérmica	65
2.5.6 Decompositor termomagnético	67
2.5.7 Plasma	69
2.5.8 Desinfecção química	71
2.5.9 Tratamento de resíduos químicos	73
2.5.9.1 Gerenciamento de Medicamentos	74
2.5.9.2.1 Logística reversa de medicamentos	76
2.6 Comparação das tecnologias de tratamento de RSS	81
2.7 Disposição final de RSS	85
2.7.1 Aterro sanitário	85
2.7.2 Células de resíduos de serviços de saúde	86
2.7.3 Aterro para resíduos perigosos – classe I	87
2.8 Destinação final de RSS segundo as legislações vigentes	89
2.9 Normas aplicadas aos RSS	92

3 OBJETIVOS	94
3.1 Objetivo Geral.....	94
3.2 Objetivos específicos	94
4 METODOLOGIA	95
4.1 Levantamento de dados secundários quali-quantitativos referente aos resíduos de serviços de saúde gerados em Minas Gerais	95
4.2 Atualização da listagem de empreendimentos que realizam destinação final de resíduos de serviços de saúde.....	96
4.3 Levantamento de informações junto às prefeituras sobre a destinação final de RSS	97
4.4 Elaboração de questionário específico para levantamento de informações sobre a gestão municipal de RSS	98
4.5 Elaboração de check-lists para unidades de incineração, autoclavagem e UTRSS.....	99
4.6 Notificação quanto à obrigatoriedade de envio da Declaração Anual da Gestão de RSS dos empreendimentos que realizam destinação final de RSS.....	100
4.7 Consolidação e análise dos dados das Declarações anuais de resíduos de serviços de saúde destinados às Unidades de Tratamento e Disposição Final – anos base 2014 e 2015.....	100
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	102
5.1 Análise dos dados secundários quali-quantitativos referente aos resíduos de serviços de saúde gerados em Minas Gerais	102
5.2 Quantitativo dos empreendimentos prestadores de serviços de destinação final de RSS	105
5.3 Análise das respostas ao Ofício Circular GESPE/FEAM/SISEMA nº 002/2015	106
5.4 Análise das Declarações da Gestão de RSS – Ano base 2014.....	111
5.4.1 Quantidades destinadas e massa de RSS coletada <i>per capita</i>	111
5.4.2 Destinação final dos resíduos de serviços de saúde – Ano base 2014	114
5.4.3 Análise dos dados referentes aos controles/tratamentos realizados pelos empreendimentos em relação aos efluentes e resíduos gerados durante os processos de tratamento dos RSS.....	121
5.4.3 Destinação final dos resíduos de serviços de saúde – Ano base 2015	133
6 CONCLUSÃO	134
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	135

1 INTRODUÇÃO

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010, define gestão integrada de resíduos sólidos como um conjunto de ações que buscam soluções para a questão dos resíduos, a partir da avaliação das dimensões políticas, econômicas, ambientais, culturais e sociais, sob a premissa do desenvolvimento sustentável. Para tanto, cabe ao poder público a implantação de medidas para que as ações de gestão integrada sejam efetivas e gerem resultados satisfatórios. A PNRS incumbe aos órgãos estaduais e federais o controle e a fiscalização dos resíduos sólidos, sem prejuízo à responsabilidade do gerador pelo gerenciamento adequado dos resíduos.

Nesse contexto, os desafios para uma adequada gestão e gerenciamento dos RSS, pelos diversos atores envolvidos ainda são grandes. Para identificar o atual estágio dessa gestão, é fundamental o conhecimento de aspectos diversos do gerenciamento e das ações do Poder Público relativos aos RSS, identificando as principais lacunas existentes.

Apesar dos Resíduos de Serviços de Saúde (RSS) representarem uma pequena parcela em relação aos resíduos sólidos urbanos gerados em um município, estes resíduos necessitam de ações adequadas e diferenciadas de gestão, pelo poder público, e de gerenciamento, pelos geradores e responsáveis pela coleta, transporte, transferência e destinação desses resíduos, a fim de garantir a saúde da população e a proteção da qualidade ambiental.

Os RSS são classificados em cinco grandes grupos segundo a Resolução da Diretoria Colegiada da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) nº306, de 2004, e a Resolução Conama nº358, de 2005, com diferentes características, algumas de periculosidade, devendo ser acondicionados, armazenados e destinados de maneira diferenciada. A destinação diferenciada depende de prévia e adequada segregação na fonte geradora dos RSS e permite a redução dos custos com o tratamento e disposição final dos resíduos, além de ser a opção ambientalmente mais adequada.

Em complemento à Resolução CONAMA nº 358/2005, a Deliberação Normativa nº 171, de 22 de dezembro 2011, além de estabelecer diretrizes para sistemas de tratamento e disposição

final de RSS no Estado de Minas Gerais, também exige que as unidades de destinação final que recebem RSS apresentem à Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM), até o dia 31 de março de cada ano, informações das atividades exercidas, relativas ao ano civil imediatamente anterior. Esse documento, cujo modelo para preenchimento é disponibilizado no website da Feam, deve conter informações sobre a regularização ambiental do empreendimento, capacidade instalada, dados quantitativos sobre RSS recebidos na unidade, município de origem dos resíduos, bem como sobre as formas de armazenamento e destinação dos resíduos, além da especificação do tratamento ou disposição dos resíduos e efluentes gerados no processo.

Dessa forma, a Declaração da Gestão dos RSS é uma importante ferramenta para o diagnóstico da destinação dos RSS no Estado, permitindo inclusive a visualização de mudanças no cenário por ser um documento anual. Entretanto, a declaração possui o enfoque nas unidades de tratamento e disposição final de RSS, sendo importante a realização de levantamentos complementares que permitam a obtenção de informações específicas sobre a gestão municipal dos RSS, a fim de obter um panorama mais completo da gestão e gerenciamento dos RSS no estado. Esse diagnóstico, além de ser constituído por relevantes dados a serem divulgados à sociedade, auxilia no delineamento de ações por parte do Estado de Minas Gerais, através da Fundação Estadual de Meio Ambiente, para melhoria da gestão dos RSS.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Até meados da década de 1980, qualquer tipo de resíduo oriundo de unidades de saúde ou similares apresentava a denominação “lixo hospitalar”, fato que acabava classificando-os, de modo geral, como resíduo perigoso e infectante, desconsiderando aqueles resíduos sem características primárias de periculosidade, acarretando seu envio para tratamento diferenciado e, conseqüentemente, onerando os custos de destinação final. Graças às legislações e normas regulamentadoras a respeito do tema, atualmente o termo foi substituído por Resíduos de Serviços de Saúde (RSS), o qual engloba todos os resíduos gerados em qualquer estabelecimento prestador de serviço relacionado à saúde humana e animal (SOUZA, 2015; FARIAS, 2005).

Um dos pontos de partida para a mudança do paradigma sobre questões ambientais foi a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), instituída pela Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, tendo como objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental no país. Para tanto, foram criados o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) e o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que posteriormente estabeleceram diretrizes específicas relativas aos RSS (FARIAS, 2005).

A Constituição Federal de 1988 também apresentou questões relacionadas ao meio ambiente e à saúde. Para tanto, determinou que “todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, impondo-se ao poder público e a coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”. Já em relação à saúde, a Constituição determinou que “a saúde é um direito de todos e dever do Estado, garantido através de políticas sociais e econômicas que visem à redução do risco de doença e de outros agravos e ao acesso universal igualitário às ações e serviços para sua promoção, proteção e recuperação”. Sendo assim, em 1990, as ações e serviços de saúde foram regulamentados pela Lei Orgânica de Saúde que considera, dentre outros, os aspectos ambientais como fator determinante e condicionante da saúde (FARIAS, 2005; BRASIL, 1988).

Atualmente, as principais diretrizes quanto à gestão e gerenciamento de RSS são estabelecidas, em âmbito nacional, na Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) nº 306, de 07 de dezembro de 2004, que estabelece definições e critérios para o gerenciamento adequado de RSS, e na Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 358, de 29 de abril de 2005, que define critérios para o tratamento e disposição final dos RSS; e, em âmbito estadual, na Deliberação Normativa (DN) nº 171, de 22 de dezembro de 2011, que estabelece diretrizes para sistemas de tratamento e disposição final adequada dos RSS no Estado.

Tanto a RDC ANVISA nº 306/2004 quanto a Resolução CONAMA nº 358/2005 definem os resíduos de serviços de saúde como aqueles provenientes do atendimento à saúde humana ou animal, inclusive os serviços de assistência domiciliar e de trabalhos de campo; drogarias e farmácias; estabelecimentos de ensino e pesquisa na área de saúde; laboratórios analíticos de produtos para saúde; necrotérios, funerárias e serviços onde se realizem atividades de embalsamamento; serviços de medicina legal; centros de controle de zoonoses; distribuidores de produtos farmacêuticos; importadores, distribuidores e produtores de materiais e controles para diagnóstico *in vitro*; unidades móveis de atendimento à saúde; serviços de acupuntura; serviços de tatuagem, entre outros similares.

Como diretriz estadual e como complemento à Resolução CONAMA nº 358/2005, a Deliberação Normativa nº 171, de 22 de dezembro 2011, além de estabelecer diretrizes para sistemas de tratamento e disposição final de RSS no Estado de Minas Gerais, também exige que as unidades de tratamento e disposição final que recebem RSS apresentem à Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM), até o dia 31 de março de cada ano, informações das atividades exercidas, relativas ao ano civil imediatamente anterior.

Tais informações devem ser preenchidas em um formulário disponibilizado no website da FEAM e referem-se à regularização ambiental do empreendimento, capacidade instalada, dados quantitativos sobre RSS recebidos na unidade, município de origem dos resíduos, a forma de tratamento ou disposição final instalada na unidade, responsáveis pelo transporte dos resíduos, bem como informações sobre as formas de armazenamento dos resíduos, além da

especificação do tratamento ou disposição dos resíduos e efluentes gerados no processo de destinação final, se houver.

A referida declaração permite a obtenção de dados diversos sobre a destinação dos RSS dos grupos A, B, D e E no estado de Minas Gerais, com exceção do grupo C não contemplado na declaração, pois trata-se de rejeitos radioativos que devem seguir diretrizes específicas estabelecidas pelo CNEN.

2.1 Classificação dos RSS

Apesar de representarem uma pequena parcela em relação à geração de resíduos sólidos em um município (cerca de 1 a 3%), os resíduos de serviços de saúde necessitam de um gerenciamento diferenciado. Embora apenas uma parcela destes (entre 10 a 30%) apresente de fato algum potencial de risco, caso a segregação não ocorra de forma adequada, todo o quantitativo dos RSS é caracterizado como infectantes, agravando e onerando o tratamento (ANVISA, 2006; CUSSIOL, 2000).

Dentre as etapas do gerenciamento, a classificação dos RSS tem grande importância para o adequado funcionamento do sistema de coleta, além de interferir no desenvolvimento das fases subsequentes. Além disso, através da classificação é possível identificar aspectos quantitativos e qualitativos das diferentes frações de RSS, bem como seu grau de periculosidade, que contribuem como critério para a seleção do tipo de tratamento e disposição final adequada para cada classe (ANVISA, 2006; FARIAS, 2005).

De acordo com Eleutério *et al.* (2006), para o gerenciamento adequado dos RSS, tanto intra quanto extraestabelecimento, a etapa de classificação deve levar em consideração a área de geração, a natureza e o potencial de risco dos resíduos gerados, de modo a proporcionar segurança na etapa de manejo, além de minimizar possíveis impactos.

A RDC ANVISA nº 306/2004, bem como a Resolução CONAMA nº 358/2008 e a DN nº 171/2011 estabelecem a classificação dos resíduos de serviços de saúde em cinco grupos, conforme sua característica principal e potencial de risco:

I - GRUPO A: Resíduos com a possível presença de agentes biológicos que, por suas características de maior virulência ou concentração, podem apresentar risco de infecção. Este grupo se subdivide em cinco classificações, de acordo com as características dos resíduos.

II - GRUPO B: Resíduos contendo substâncias químicas que podem apresentar risco à saúde pública ou ao meio ambiente, dependendo de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade e toxicidade.

III - GRUPO C: Rejeitos radioativos, definidos como quaisquer materiais resultantes de atividades humanas que contenham radionuclídeos em quantidades superiores aos limites de eliminação especificados nas normas da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) e para os quais a reutilização é imprópria ou não prevista.

IV - GRUPO D: Resíduos que não apresentam risco biológico, químico ou radiológico à saúde ou ao meio ambiente, podendo ser equiparados aos resíduos domiciliares.

V - GRUPO E: Materiais perfurocortantes ou escarificantes.

O Quadro 1 apresenta a classificação dos resíduos em cada um dos grupos supracitados, conforme consta no Anexo I da Resolução Conama nº 358/2005, no Apêndice I da RCD ANVISA nº 306/2004, bem como no Anexo Único da DN nº 171/2011.

Quadro 1 - Classificação dos resíduos de serviços de saúde

(Continua)

Grupo	Subgrupo	Descrição
A		culturas e estoques de microrganismos; resíduos de fabricação de produtos biológicos, exceto os hemoderivados; descarte de vacinas de microrganismos vivos ou atenuados; meios de cultura e instrumentais utilizados para transferência, inoculação ou mistura de culturas; resíduos de laboratórios de manipulação genética;
		resíduos resultantes da atenção à saúde de indivíduos ou animais, com suspeita ou certeza de contaminação biológica por agentes classe de risco 4, microrganismos com relevância epidemiológica e risco de disseminação ou causador de doença emergente que se torne epidemiologicamente importante ou cujo mecanismo de transmissão seja desconhecido;
	A1	bolsas transfusionais contendo sangue ou hemocomponentes rejeitadas por contaminação ou por má conservação, ou com prazo de validade vencido, e aquelas oriundas de coleta incompleta; sobras de amostras de laboratório contendo sangue ou líquidos corpóreos, recipientes e materiais resultantes do processo de assistência à saúde, contendo sangue ou líquidos corpóreos na forma livre.
	A2	carcaças, peças anatômicas, vísceras e outros resíduos provenientes de animais submetidos a processos de experimentação com inoculação de microrganismos, bem como suas forrações, e os cadáveres de animais suspeitos de serem portadores de microrganismos de relevância epidemiológica e com risco de disseminação, que foram submetidos ou não a estudo anátomo-patológico ou confirmação diagnóstica.
	A3	peças anatômicas (membros) do ser humano; produto de fecundação sem sinais vitais, com peso menor que 500 gramas ou estatura menor que 25 centímetros ou idade gestacional menor que 20 semanas, que não tenham valor científico ou legal e não tenha havido requisição pelo paciente ou familiares
A4	kits de linhas arteriais, endovenosas e dialisadores, quando descartados; sobras de amostras de laboratório e seus recipientes contendo fezes, urina e secreções, provenientes de pacientes que não contenham e nem sejam suspeitos de conter agentes Classe de Risco 4, e nem apresentem relevância epidemiológica e risco de disseminação, ou microrganismo causador de doença emergente que se torne epidemiologicamente importante ou cujo mecanismo de transmissão seja desconhecido ou com suspeita de contaminação com prions; resíduos de tecido adiposo proveniente de lipoaspiração, lipoesultura ou outro procedimento de cirurgia plástica que gere este tipo de resíduo; recipientes e materiais resultantes do processo de assistência à saúde, que não contenha sangue ou líquidos corpóreos na forma livre; peças anatômicas (órgãos e tecidos) e outros resíduos provenientes de procedimentos cirúrgicos ou de estudos anátomo-patológicos ou de confirmação diagnóstica;	

A4	carcaças, peças anatômicas, vísceras e outros resíduos provenientes de animais não submetidos a processos de experimentação com inoculação de microrganismos, bem como suas forrações;
A	bolsas transfusionais vazias ou com volume residual pós-transfusão.
A5	órgãos, tecidos, fluidos orgânicos, materiais perfurocortantes ou escarificantes e demais materiais resultantes da atenção à saúde de indivíduos ou animais, com suspeita ou certeza de contaminação com prions.
B	<p>produtos hormonais e produtos antimicrobianos; citostáticos; antineoplásicos; imunossupressores; digitálicos; imunomoduladores; anti-retrovirais, quando descartados por serviços de saúde, farmácias, drogarias e distribuidores de medicamentos ou apreendidos e os resíduos e insumos farmacêuticos dos medicamentos controlados pela Portaria MS 344/98 e suas atualizações;</p> <p>resíduos de saneantes, desinfetantes, desinfestantes; resíduos contendo metais pesados; reagentes para laboratório, inclusive os recipientes contaminados por estes; efluentes de processadores de imagem (reveladores e fixadores);</p> <p>efluentes dos equipamentos automatizados utilizados em análises clínicas; demais produtos considerados perigosos (tóxicos, corrosivos, inflamáveis e reativos), conforme classificação da NBR 10.004 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT)</p>
C	<p>enquadram-se neste grupo quaisquer materiais resultantes de laboratórios de pesquisa e ensino na área de saúde, laboratórios de análises clínicas e serviços de medicina nuclear e radioterapia que contenham radionuclídeos (átomos radioativos, como Molibdênio-99; Tecnécio-99m; Iodo-131; Iodo-123; Gálio-67; Tálcio-201; Índio-111 ; Samário-153, entre outros), conforme classificação referente aos níveis e natureza de radiação, de acordo com a norma CNEN NN 8.01. São exemplos de equipamentos que possuem fonte radioativa em seu interior: equipamentos de cintilografia e radioterapia.</p> <p>Incluem neste grupo, além de invólucros, itens que foram contaminados com material radioativo, como papéis, plásticos, luvas, tubos, drenos, algodões, tecidos, cateteres, compressas, agulhas, seringas, material de forração, bem como excretas de pacientes submetidos a procedimentos diagnósticos e/ou terapêuticos.</p>
D	papel de uso sanitário e fralda, absorventes higiênicos, peças descartáveis de vestuário, resto alimentar de paciente, material utilizado em anti-sepsia e hemostasia de venóclises, equipo de soro e outros similares não classificados como A1; sobras de alimentos e do preparo de alimentos; resto alimentar de refeitório; resíduos provenientes das áreas administrativas; resíduos de varrição, flores, podas e jardins; resíduos de gesso provenientes de assistência à saúde.
E	materiais perfurocortantes ou escarificantes, tais como: lâminas de barbear, agulhas, escalpes, ampolas de vidro, brocas, limas endodônticas, pontas diamantadas, lâminas de bisturi, lancetas; tubos capilares; micropipetas; lâminas e lamínulas; espátulas; e todos os utensílios de vidro quebrados no laboratório (pipetas, tubos de coleta sanguínea e placas de Petri) e outros similares.

Fonte: CONAMA, 2005; CASTRO, 2005; BARBOZA, 2009 (adaptado).

É importante esclarecer que para a classificação dos rejeitos radioativos é necessária a verificação do estado físico, bem como o grau de radioatividade do rejeito, em relação ao tipo de desintegração dos radionuclídeos (alfa, beta, gama e/ou nêutrons), além do grau de radiotoxicidade (toxicidade atribuída a um radionuclídeo) e à sua meia-vida, que se refere ao período de tempo necessário para que a atividade radioativa do rejeito seja reduzida à metade da atividade inicial. Outro fator importante é a classificação conforme a segunda característica do rejeito. Adicionalmente, todos os estabelecimentos que trabalham com este tipo de resíduo devem elaborar um plano de gerenciamento de rejeitos radioativos, bem como possuir instalações apropriadas e autorizadas pela CNEN, além de eleger um responsável pela supervisão e destinação adequada destes rejeitos (CASTRO, 2005; CNEN, 2014).

Ressalta-se que os rejeitos radioativos de meia-vida muito curta (inferior a 100 dias) devem ser armazenados até que ocorra o tempo de decaimento necessário ao atingimento do limite de eliminação, além de atender aos requisitos estabelecidos pela norma CNEN – NN 8.01 (Revogou a CNEN NE 6.05), para dispensa na rede de esgotamento sanitário ou no sistema de coleta urbano, caso necessário. Contudo, este armazenamento deve ocorrer em recipientes adequados e devidamente identificados, por meio de fichas de identificação dos rejeitos contidos, e classificados conforme as exigências estabelecidas pela CNEN NN 8.01 (CASTRO, 2005; CNEN, 2014).

A Tabela 1 apresenta o tempo de decaimento dos radioisótopos mais utilizados na medicina nuclear.

Tabela 1 - Isótopos mais comuns em estabelecimentos de saúde

Isótopo	Meia Vida	Tempo de segurança
Tecnécio - TC ⁹⁹	6 horas	60 horas
Gálio - Ga ⁶⁷	3,26 dias	32,6 dias
Iodo - I ¹³⁰	8 dias	80 dias
Iodo - I ¹²⁵	60,20 dias	602,0 dias
Cromo - Cr ⁵¹	27,80 dias	278,0 dias
Tálio - Tl ²⁰¹	3,08 dias	30,8 dias

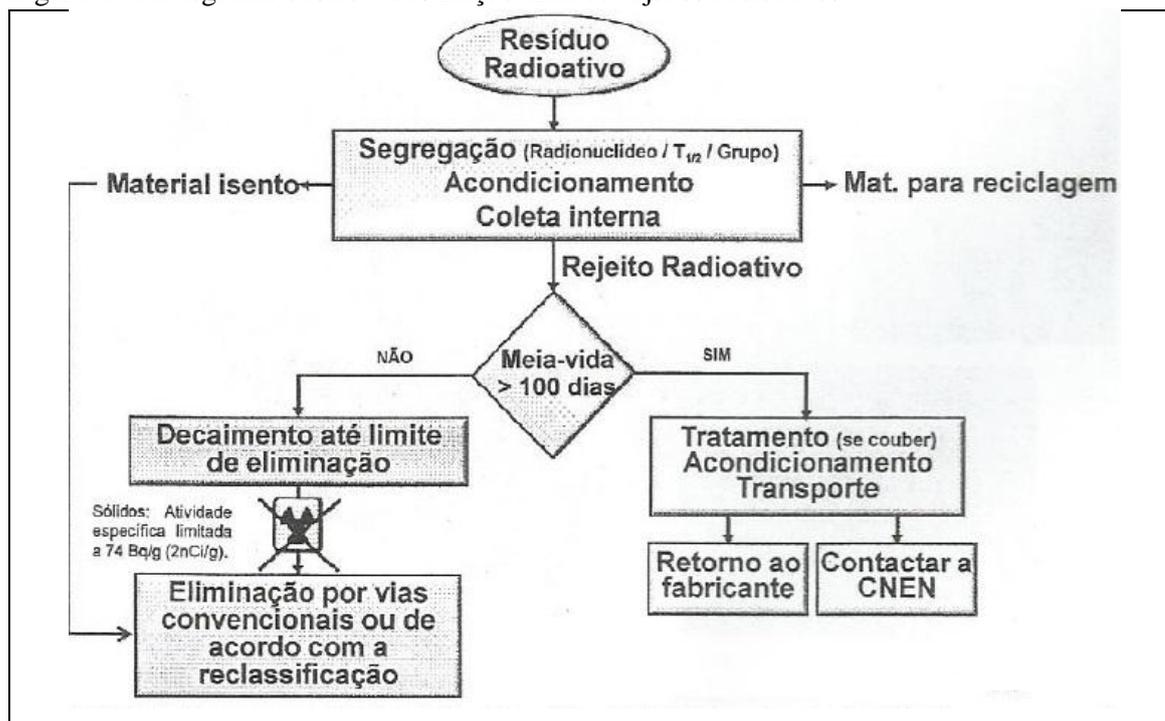
Fonte: Ministério da Saúde, 2002.

Depois de atingido o limite de eliminação, os rejeitos radioativos podem ser reclassificados, seguindo as determinações do grupo ao qual pertencem para destinação final adequada (FEAM, 2016).

No caso dos rejeitos radioativos que possuem meia-vida curta ou longa (superior a 100 dias e demais características específicas, conforme norma CNEN NN 8.01), cabe ao responsável entrar em contato com o CNEN, para que seja realizado o recolhimento e armazenamento adequado destes rejeitos em suas unidades técnico-científicas (FIGURA 1).

No caso do Estado de Minas Gerais, tais rejeitos devem ser encaminhados para o Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN), conforme procedimentos estabelecidos pelo órgão (CNEN, 2014).

Figura 1 - Fluxograma básico – destinação final de rejeitos radioativos



Fonte: Cussiol, 2016.

2.2 Gestão de resíduos sólidos e a atuação da Feam no Estado de Minas Gerais

De acordo com a Lei nº 12.305, de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), gestão integrada de resíduos sólidos envolve um conjunto de ações que buscam soluções para a questão dos resíduos sob as diretrizes do desenvolvimento sustentável. Para tanto, as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social devem ser consideradas (BRASIL, 2010).

Já a Política Estadual de Resíduos Sólidos, instituída pela Lei nº 18.031, de 12 de janeiro de 2009, estabelece que além de um conjunto de ações políticas, normativas, operacionais e financeiras, a gestão integrada também pode ser definida como um conjunto de ações de planejamento a serem desenvolvidas e aplicadas “nos processos de geração, segregação, coleta, manuseio, acondicionamento, transporte, armazenamento, tratamento e destinação final dos resíduos sólidos” (MINAS GERAIS, 2009).

A PNRS estabelece como competência dos municípios e do Distrito Federal a gestão integrada dos resíduos sólidos gerados em seu território, assim como incumbe aos órgãos federais e estaduais o controle e a fiscalização da gestão dos resíduos, sem prejuízos à responsabilidade do gerador pelo gerenciamento adequado dos resíduos (BRASIL, 2010).

No Estado de Minas Gerais a competência para desenvolver e implementar a política de proteção, conservação e melhoria da qualidade ambiental, além da prevenção e correção da degradação ambiental e a promoção do desenvolvimento sustentável é da Fundação Estadual do Meio Ambiente, entidade que integra o Sistema Estadual do Meio Ambiente (SISEMA)(MINAS GERAIS, 2011; MINAS GERAIS, 2016).

Cabe a FEAM, além do exercício de outras atividades, promover a aplicação de instrumentos de gestão ambiental, bem como propor indicadores e avaliar a qualidade ambiental e a efetividade das políticas de proteção ambiental. Para tanto, o órgão se subdivide em diretorias que tratam de temas relacionados à qualidade do ar, mudanças climáticas e energias renováveis, produção sustentável, áreas contaminadas, qualidade do solo, gestão de efluentes líquidos e gestão de resíduos sólidos (MINAS GERAIS, 2016).

Quanto à gestão de resíduos sólidos, na Diretoria de Resíduos (DGER) existem gerências específicas para tratar questões relacionadas aos resíduos sólidos urbanos, resíduos especiais, resíduos da mineração e resíduos industriais. Fica a cargo da Gerência de Resíduos Especiais (GESPE) o desenvolvimento de planos e programas relativos à gestão dos RSS, além da elaboração de diagnósticos e divulgação de dados referentes a estes resíduos (MINAS GERAIS, 2011).

No âmbito das atribuições da GESPE, as principais intervenções já realizadas referentes ao apoio à gestão especificamente dos resíduos aos resíduos de serviços de saúde no Estado de Minas Gerais, foram:

- publicação de termo de referência a fim de orientar os geradores de resíduos de serviço de saúde e agentes públicos na elaboração de Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviço de Saúde (PGRSS);
- publicação de manual sobre gerenciamento de resíduos de serviços de saúde;
- participação na Campanha "Traga de Volta - Descarte Correto de Medicamentos" - ações desenvolvidas pelo Grupo de Trabalho de Minas Gerais, formado por várias entidades tanto da esfera pública quanto privada, visando o gerenciamento dos medicamentos vencidos e em desuso e a conscientização da população sobre a importância de descartá-los em locais adequados, bem como a obtenção de dados qualitativos e quantitativos sobre a geração desses resíduos a fim de subsidiar o Governo Federal no desenvolvimento da logística reversa desses resíduos;
- plano de melhorias das técnicas de operação das unidades de tratamento térmico e disposição final de resíduos de serviços de saúde instalados no estado de Minas Gerais;
- elaboração do relatório intitulado "Diagnóstico da Gestão Municipal dos Resíduos de Serviços de Saúde", elaborado a partir da consolidação das informações obtidas por meio de um questionário aplicado em 307 municípios do Estado de Minas Gerais, contemplados com o ICMS Ecológico;

- controle de envio e análise das Declarações da Gestão de Resíduos de Serviços de Saúde encaminhadas anualmente pelos empreendimentos que realizam tratamento e destinação final de RSS, com objetivo de orientar e fiscalizar tais unidades;
- elaboração de panoramas sobre a gestão de RSS no Estado de Minas Gerais, conforme previsto na DN nº 171/2011;
- participação no grupo de acompanhamento para elaboração do Plano Metropolitano de Gestão de Resíduos de Serviços de Saúde, contratado pela Agência de Desenvolvimento da Região Metropolitana de Belo Horizonte (ARMBH), que tem como objetivo apoiar a estratégia do Estado em melhorar a gestão destes resíduos nos municípios da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) e Colar Metropolitano (CM);
- participação no fórum de discussões da Comissão Permanente de Apoio ao Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde (COPAGRESS);
- participação na Comissão de Estudo Especial (CEE) de Resíduos de Serviços de Saúde da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT/CEE-129), para fins de revisão das normas técnicas aplicadas aos RSS, além da elaboração de um projeto de uma nova norma aplicada à logística reversa de medicamentos descartados pelo consumidor.

2.3 Gerenciamento dos RSS

A Lei nº 12.305/2010 define gerenciamento de resíduos sólidos como o conjunto de ações executadas, de forma direta ou indireta, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos, bem como a disposição final adequada dos rejeitos (BRASIL, 2010).

Em relação aos resíduos de serviços de saúde, a RDC ANVISA nº 306/2004 define gerenciamento de RSS como um conjunto de procedimentos de gestão que objetivam a minimização da geração de resíduos e sua adequada destinação, a fim de preservar a saúde pública e minimizar os impactos ambientais. A RDC ainda ressalta que o gerenciamento deve

contemplar “todas as etapas de planejamento dos recursos físicos, dos recursos materiais e da capacitação dos recursos humanos envolvidos no manejo dos RSS” (ANVISA, 2004).

O gerenciamento dos resíduos de serviços de saúde abrange as seguintes etapas (ROCHA, 2012; MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2001; COPAM, 2011):

- **segregação**: consiste na separação e classificação dos RSS no próprio local de geração, considerando suas características físicas, químicas e biológicas, bem como o grau de risco associado. O objetivo da segregação é minimizar a contaminação dos resíduos considerados comuns, além de permitir a adoção de aspectos específicos para o manejo dos resíduos, reduzir riscos à saúde e ao meio ambiente e minimizar os custos de tratamento e disposição final;

- **acondicionamento**: forma de disposição dos RSS em embalagens plásticas ou recipientes adequados, de modo a evitar possíveis vazamentos, ruptura e perfuração. Nesta etapa deve-se respeitar os níveis de preenchimento, fechamento, transporte, armazenamento, entre outros, conforme estabelecido na NBR 9.191:2008 da ABNT, que estabelece padrões para acondicionamento de resíduos em sacos plásticos;

- **identificação**: reconhecimento dos resíduos nas embalagens e/ou recipientes através da utilização do símbolo internacional para substância biológica, química ou física. Devem-se respeitar também as cores e advertências demandadas de acordo com o tipo do resíduo, conforme estabelecido na NBR 7.500:2013 da ABNT, referente aos critérios para identificação para o transporte terrestre, manuseio, movimentação e armazenamento de produtos;

- **transporte interno**: etapa em que ocorre o traslado dos RSS do ponto de geração até o local de armazenamento temporário ou externo. Nesta etapa é importante observar o tipo de veículo a ser utilizado, o fluxo dos resíduos, além da especificação do roteiro;

- **armazenamento temporário**: local onde os resíduos são armazenados até que seja realizada a coleta. O ambiente para armazenamento temporário dos resíduos é instalado dentro do

serviço de saúde e pode ser compartilhado com a sala de utilidades, desde que seja respeitada uma área mínima de 2 m² exclusiva para os RSS, além de contêineres específicos. Esta etapa é facultativa para pequenos geradores, que podem encaminhar os resíduos gerados diretamente para o armazenamento externo ou até para a coleta e transporte externos;

- **armazenamento externo**: ambiente externo às instalações prediais dos serviços de saúde, mas integrante da área do estabelecimento, destinado ao armazenamento dos resíduos até que seja realizada a coleta externa. Tal ambiente deve ser controlado, a fim de evitar o acesso de pessoas não autorizadas, e ser higienizado frequentemente. Os aspectos construtivos do local devem seguir as exigências constantes na RDC ANVISA nº 306/2004, assim como na RDC ANVISA nº 50/2002 e suas alterações (RDC nº 307/2002 e RDC nº 189/2003), que apresenta o regulamento técnico para o planejamento, programação, elaboração, avaliação e aprovação de projetos físicos de estabelecimentos assistenciais de saúde na área pública e privada;

- **coleta e transporte externo**: consiste na retirada dos RSS dos ambientes de armazenamento para serem transportados até as unidades de tratamento e disposição final, através de veículos apropriados para este fim. Esta atividade deve ser realizada por empresa especializada e licenciada para a prestação do serviço, conforme obrigatoriedade de licenciamento ambiental exigido na DN nº 171/2011, para o transporte rodoviário de RSS dos grupos A, A1, A2, A5, B e E, assim como respeitar ao disposto nas normas NBR 12.810:2016 e NBR 14.652:2013, que apresentam diretrizes para o gerenciamento de RSS extraestabelecimento e implementos rodoviários – coletor-transportador de RSS, respectivamente. Além disso, o veículo deve possuir documentos de inspeção, para fins de comprovação de sua adequação, emitidos pelo Instituto de Pesos e Medidas ou outra entidade credenciada, bem como atender ao disposto na NBR 7500:2013 e demais normas aplicáveis. Outro aspecto importante é que o motorista deve possuir curso de Movimentação e Operação de Produtos Perigosos (MOPP);

- **transbordo ou estações de transferências**: unidade com instalações exclusivas para executar o armazenamento temporário e a transferência dos RSS para as unidades de tratamento, de forma a manter as características originais de acondicionamento dos resíduos, sem abertura ou transferência de resíduos entre embalagens. O Art. 11 da DN nº 171/2011 apresenta as diretrizes de projeto para tais unidades, onde a instalação das estruturas e

equipamentos varia conforme o tipo de resíduo. Desta forma, RSS dos grupos A e E devem ser armazenados e transferidos por um período máximo de 12 horas, exceto em casos que são submetidos à refrigeração, no qual podem permanecer por um período de até 48 horas. A operação de resíduos químicos deve seguir exigências estabelecidas na NBR 12.235:1992, que estabelece critérios para armazenamento de resíduos perigosos. A DN nº 171/2011 também estabelece critérios técnicos para a instalação e operação das estações de transferência, que devem estar localizadas em áreas que permitem a facilidade de acesso e operação de carga e descarga; possuir cobertura, fechamento lateral e sistemas de coleta e escoamento de águas pluviais; piso impermeável e lavável com sistemas de coleta de efluentes, bem como possuir sistemas de tratamento de efluentes, capazes de atender as legislações aplicáveis para lançamento no corpo receptor ou atender aos requisitos das concessionárias, para lançamento na rede pública de coleta de esgoto;

- **destinação final ambientalmente adequada**: nesta etapa são incluídos os processos de reutilização, reciclagem, compostagem, tratamento, recuperação e aproveitamento energético e disposição final. A forma de destinação adequada varia conforme a classificação dos resíduos e depende da viabilidade técnica e econômica do processo a ser utilizado. O tratamento dos RSS consiste em um conjunto de unidades, processos e procedimentos destinados a alterar as características químicas, físicas ou biológicas dos resíduos, com objetivo de reduzir riscos à saúde pública e ao meio ambiente. Já a disposição final consiste na disposição dos rejeitos no solo, em local tecnicamente adequado, o qual deve respeitar todos os critérios de engenharia e de regularização ambiental, conforme estabelecido no Anexo II da Resolução CONAMA nº 358/2005.

A fim de atender aos requisitos ambientais e de saúde pública cabe aos geradores de RSS o gerenciamento adequado desde a geração até a disposição final. Para tanto, a RDC ANVISA nº 306, de 2004, bem como a Resolução CONAMA nº 358/2005 incumbe a todos os geradores de resíduos de serviços de saúde a elaboração e implantação do Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde (PGRSS).

O PGRSS é um documento integrante do processo de licenciamento ambiental que apresenta as ações necessárias para o manejo adequado dos resíduos sólidos, no âmbito dos prestadores

de serviços. O documento deve ser elaborado segundo as diretrizes da RDC ANVISA nº 306/2004 e da Resolução CONAMA nº 358/2005, devendo basear-se nos princípios da não geração e na redução da geração dos resíduos, além de contemplar os aspectos relativos à geração, segregação, acondicionamento, coleta, armazenamento, transporte, reciclagem, tratamento e disposição final (CONAMA, 2005).

No caso em que o empreendimento gerar outros resíduos que não apenas RSS, deverá ser elaborado, implementado e apresentado aos órgãos competentes o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS), cujo conteúdo mínimo é apresentado no Art. 21 da Lei nº 12.305/2010. O PGRS deve conter, além da descrição geral do empreendimento ou atividade, o diagnóstico dos resíduos sólidos gerados, englobando informações sobre a origem, volume e caracterização, bem como informações sobre passivos ambientais relativos aos resíduos. No plano também devem ser incluídas informações sobre os responsáveis por cada etapa do gerenciamento, assim como definidos todos os procedimentos operacionais acerca das etapas do gerenciamento sob a responsabilidade do gerador e, caso haja, a identificação das soluções consorciadas com demais geradores (BRASIL, 2010).

Além disso, no conteúdo do PGRS deve conter cenários de situações de gerenciamento adequado e não adequado, apresentando as ações preventivas e corretivas a serem executadas em distintas situações. É necessária também a inclusão de metas e procedimentos relativos à minimização da geração dos resíduos, à reutilização e reciclagem, assim como medidas saneadoras dos passivos ambientais e, se couber, ações relativas à responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos. Também deve ser destacada no plano a periodicidade para sua revisão, levando em consideração o prazo de vigência da respectiva licença ambiental (BRASIL, 2010). Assim, quando os serviços de saúde e de atenção à saúde optarem pela elaboração de PGRS o plano deve incorporar o conteúdo do PGRSS.

De acordo com a Resolução CONAMA nº 358/2005, como o PGRSS deve ser apresentado para a formalização do processo de regularização ambiental, cabe aos órgãos ambientais competentes fixar critérios para a determinação dos serviços objetos de licenciamento ambiental, do qual deverá constar o documento. Além disso, o órgão ambiental poderá solicitar informações adicionais ao PGRSS, sempre que julgar necessário (CONAMA, 2005).

Os estabelecimentos geradores de RSS e prestadores de serviços relacionados à saúde humana e animal, mesmo quando não passíveis de licenciamento ambiental, possuem obrigatoriedade de elaboração do PGRSS, bem como sua apresentação à vigilância sanitária local, sua implantação e monitoramento (FEAM, 2016). Os estabelecimentos de saúde, novos ou submetidos a reformas ou ampliação, quando da solicitação do alvará sanitário, também devem encaminhar à vigilância sanitária o PGRSS juntamente com o Projeto Básico de Arquitetura (ANVISA, 2004).

É importante esclarecer que todos os demais agentes envolvidos no gerenciamento dos RSS, tais como estabelecimentos geradores, transportadores, operadores das unidades de transferência de resíduos, operadores dos sistemas de tratamento e disposição final, são responsáveis pelo atendimento ao disposto na Resolução CONAMA nº 358/2005, além das exigências estabelecidas pela DN COPAM nº 171/2011, bem como a observância dos critérios indicados nas normas da ABNT e do CNEN, em caso de gerenciamento de rejeitos radioativos. Cabe ainda a todos esses atores, garantir que suas atividades e serviços ocorram sem causar impactos ambientais negativos e sem causar riscos à saúde da população e do próprio trabalhador (CONAMA, 2005; COPAM, 2011).

2.4 Regularização ambiental

No Estado de Minas Gerais, empreendimentos e atividades modificadores do meio ambiente passíveis de regularização ambiental são listados na DN nº 74, de 9 de setembro de 2004, que estabelece critérios para classificação do empreendimento de acordo com o porte e potencial poluidor.

Desta forma, aqueles empreendimentos e atividades classificados nas classes 3, 4, 5 e 6, de acordo com a listagem apresentada no Anexo Único da deliberação, são sujeitos ao licenciamento ambiental em nível estadual. Já empreendimentos que não apresentam impacto ambiental significativo, enquadrados nas classes 1 e 2, ficam sujeitos à obtenção da Autorização Ambiental de Funcionamento – AAF.

Ressalta-se que, independente do enquadramento do empreendimento nas classes 1 e 2, se o órgão ambiental julgar necessário poderá convocar o empreendedor a realizar o processo de licenciamento ambiental. O Quadro 2 apresenta as principais atividades relacionadas às etapas do gerenciamento dos RSS, constantes na listagem da DN nº 74/2004, bem como os critérios de classificação conforme o porte e potencial poluidor do empreendimento para cada atividade.

Quadro 2 – Principais atividades relacionadas ao gerenciamento dos RSS listadas na DN 74/2004

Principais atividades	Porte	Potencial poluidor
E-03-08-6 Unidade de Transferência de Resíduos de Serviços de Saúde (UTRSS)	Capacidade instalada < 5 m ³ /dia: pequeno Capacidade Instalada > 15 m ³ /dia: grande Os demais: médio	Ar – P Água – P Solo – M Geral – P
E-03-08-5 Tratamento e disposição final de resíduos de serviços de saúde (Grupo A – infectantes ou biológicos), exceto incineração	Quantidade Operada < 1 t/dia: pequeno Quantidade Operada > 50 t/dia: grande Os demais: médio	Ar – M Água – M Solo – M Geral – M
F-05-13-4 Incineração de resíduos	Capacidade Instalada < 0,5 t/h : pequeno Capacidade Instalada > 2,0 t/h : grande Os demais: médio	Ar – G Água – M Solo – G Geral – G
F-05-11-8 Aterro para resíduos perigosos - classe I, de origem industrial	Área útil < 1 ha : pequeno Área útil > 5 ha : grande os demais : médio	Ar – M Água – G Solo – G Geral – G
E-03-07-7 Tratamento e/ou disposição final de resíduos sólidos urbanos.	Quantidade operada < 15 t/dia : Pequeno Quantidade operada > 250 t/dia : Grande Os demais : Médio	Ar – M Água – G Solo – M Geral – M
F-02-01-1 Transporte rodoviário de resíduos perigosos - classe I.	Número de veículos < 5 : pequeno Número de veículos > 20 : grande Os demais : médio	Ar – M Água – G Solo – G Geral – G

Fonte: COPAM, 2004 (adaptado).

Desta forma, os empreendedores que exercem tais atividades devem consultar a DN nº 74/2004 e providenciar a regularização ambiental junto às Superintendências Regionais de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SUPRAM) ou junto ao órgão municipal competente, caso o município seja conveniado à SEMAD para a realização de licenciamento ambiental. Atualmente os municípios conveniados são: Belo Horizonte, Contagem, Betim, Juiz de Fora, Uberaba e Brumadinho.

Em 21 de janeiro de 2016 foi promulgada a Lei nº 21.972, que dispõe sobre o SISEMA. A referida lei apresenta novas diretrizes a serem adotadas para o licenciamento ambiental no Estado de Minas Gerais, alterando aspectos da DN 74/2004. Contudo, até que haja um instrumento normativo para regulamentar a lei, fica a cargo do órgão ambiental analisar e formalizar os procedimentos aplicáveis aos processos de regularização ambiental.

De acordo com a Lei nº 21.972/2016, o licenciamento ambiental será composto por três modalidades, emitidas pelo COPAM, sendo elas: Licenciamento Ambiental Trifásico; Licenciamento Ambiental Concomitante e Licenciamento Ambiental Simplificado (LAS).

No licenciamento ambiental trifásico as etapas de viabilidade ambiental, instalação e operação da atividade serão analisadas de forma sucessiva e, caso aprovadas, serão emitidas: a Licença Prévia (LP), atestando a viabilidade ambiental do empreendimento; a Licença de Instalação (LI), autorizando a instalação do empreendimento; e a Licença de Operação (LO), permitindo o funcionamento do empreendimento.

Já no licenciamento ambiental concomitante serão analisadas as mesmas etapas que o licenciamento trifásico, mas as licenças serão avaliadas de modo concomitante, conforme localização, natureza, características e fase da atividade ou empreendimento. Deste modo, nesta modalidade as licenças podem ser expedidas da seguinte forma:

- emissão da LP e LI, sendo a LO emitida posteriormente;
- emissão da LI e LO, sendo a LP emitida previamente;
- emissão da LP, LI e LO.

Outra modalidade é o licenciamento ambiental simplificado que poderá ser realizado eletronicamente, através de cadastro ou do relatório ambiental simplificado pelo empreendedor, conforme critérios estabelecidos pelo órgão ambiental. O processo será realizado em uma única fase, resultando na concessão da LAS.

É importante destacar que compete ao órgão ambiental, independente do tipo de regularização ambiental, fiscalizar as atividades, assim como verificar a operação das unidades regularizadas.

2.5 Tecnologias de tratamento de Resíduos de Serviços de Saúde

De acordo com a RDC ANVISA nº 306/2004, o tratamento de resíduos de serviços de saúde consiste na aplicação de métodos, técnicas e processos que proporcionam a redução ou mesmo eliminação dos riscos de contaminação, de acidentes de trabalho ou de danos ambientais, através de procedimentos capazes de modificar as características físicas, químicas ou biológicas, reduzindo, desta forma, o grau de risco inerente a estes resíduos (ANVISA, 2004).

Os RSS podem ser tratados ou dispostos de diferentes maneiras, variando de acordo com sua classificação e grau de risco. Contudo, a eficiência de qualquer tratamento depende diretamente da adequada gestão das etapas de manejo dos resíduos (SOUZA, 2011).

Para a escolha da técnica mais adequada a ser utilizada no tratamento dos RSS deve-se considerar, primeiramente, a composição e a quantidade do resíduo a ser tratado, além dos recursos financeiros e a relação custo-benefício para a implantação do processo de tratamento (MATTIOLI; SILVA, 2002).

Além disso, é importante ressaltar que os sistemas de tratamento de RSS são objeto de licenciamento ambiental, conforme estabelecido na Resolução CONAMA Nº 237/1997, que regulamenta os aspectos de licenciamento ambiental estabelecidos na Política Nacional do Meio Ambiente, e são passíveis de fiscalização pelos órgãos de vigilância sanitária e ambiental (ANVISA, 2006).

Os processos de tratamento de RSS podem se subdividir em dois tipos, conforme o grau de complexidade e técnica utilizada (FEAM, 2012a)¹:

- tratamento parcial: consiste na redução da carga microbiana presente nos resíduos, que deve ser compatível com o nível III de inativação. Tal nível deve ser atingido por todo sistema de tratamento térmico de RSS sem combustão, conforme Quadro 3 (ANVISA, 2004). Contudo, a massa dos resíduos pode não sofrer modificações em suas propriedades físico-químicas, caso não haja um processo de trituração anterior ou posterior ao tratamento. Exemplos de tratamentos inclusos nesta subdivisão são a autoclavagem e o microondas.

- tratamento completo: processo onde ocorre a inertização dos resíduos, através de modificações físico-químicas capazes de proporcionar a destruição de organismos patogênicos, além de estabilizar moléculas tóxicas. Os tratamentos incluídos nesta técnica são geralmente térmicos com combustão, em que altas temperaturas são alcançadas, como a incineração e o plasma.

Quadro 3 - Descrição dos níveis de inativação microbiana

Nível de inativação	Descrição
Nível I	Inativação de bactérias vegetativas, fungos e vírus lipofílicos com uma redução maior ou igual a 6 Log10
Nível II	Inativação de bactérias vegetativas, fungos e vírus lipofílicos e hidrofílicos, parasitas e micobactérias com uma redução maior ou igual a 6 Log10
Nível III	Inativação de bactérias vegetativas, fungos e vírus lipofílicos e hidrofílicos, parasitas e micobactérias com uma redução maior ou igual a 6 Log10 e inativação de esporos <i>B. stearotherophilus</i> ou <i>B. subtilis</i> com uma redução maior ou igual a 4 Log10
Nível IV	Inativação de bactérias vegetativas, fungos e vírus lipofílicos e hidrofílicos, parasitas e micobactérias e inativação de <i>B. stearotherophilus</i> ou <i>B. subtilis</i> com uma redução maior ou igual a 4 Log10

Fonte: STAATT, 1994 *apud* ANVISA, 2004.

¹ FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE – FEAM. **Plano de melhorias das técnicas de operação das unidades de tratamento térmico e disposição final de resíduos de serviços de saúde instalados no Estado de Minas Gerais.** Belo Horizonte: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG, 2012a. Trabalho não publicado.

2.5.1 Autoclavagem

A autoclavagem é uma das técnicas mais empregadas para a descontaminação de resíduos microbiológicos antes da disposição final, por apresentar viabilidade de ser realizada no próprio gerador (FIGURA 2). O processo consiste no contato direto do material contaminado com vapor d'água, sob condições controladas de temperatura e pressão, por um período capaz de destruir microrganismos patogênicos ou reduzi-los a níveis que não representem riscos à saúde e ao meio ambiente (ANVISA, 2006).

A técnica de autoclavagem pode ser aplicada no próprio estabelecimento gerador, através de equipamentos de menor porte, que não são passíveis de regularização ambiental, bem como em instalações de maior porte, através de equipamentos mais robustos abocados em empreendimentos que devem ser obrigatoriamente licenciados pelo órgão ambiental competente (SCHNEIDER; STEDILE, 2015).

Figura 2 – Equipamento de autoclave



Fonte: IWAI, 2009.

Segundo Novak (2008) *apud* Eleutério *et al.* (2006), a autoclavagem é composta por seis operações principais, sendo elas:

- a) pré-vácuo: onde são criadas condições negativas de pressão, possibilitando que o vapor tenha mais facilidade de contato com os materiais a serem esterilizados na fase subsequente;

- b) admissão de vapor: nesta operação ocorre a introdução do vapor na autoclave, acompanhado do aumento gradativo da pressão, a fim de criar condições favoráveis para o contato e possibilitar sua penetração a todas as superfícies;
- c) exposição: controle e manutenção da temperatura e pressão até a conclusão do processo. O tempo e temperatura de cada ciclo são definidos de acordo com a carga utilizada;
- d) exaustão lenta: liberação gradativa do vapor, através de filtros com pequenos poros capazes de reter a passagem de microrganismos para o exterior da autoclave, além de permitir a redução gradual da pressão interna até que seja igualada à pressão atmosférica;
- e) arrefecimento da carga: refrigeração do sistema até que se atinja uma temperatura que permita a retirada de todos os materiais da autoclave;
- f) descarte do condensado: devido à utilização do vapor toda a operação gera efluente, que deve ser tratado em uma estação de tratamento, se necessário, antes de seu descarte na rede pública ou no corpo receptor. Contudo, todos os parâmetros devem atender as condições de lançamento estabelecidas nas legislações vigentes.

De acordo com CCIH (2013) e Messano (2010), as autoclaves podem ser divididas em dois tipos básicos:

1) autoclaves gravitacionais (verticais): mecanismo em que o ar é drenado pela ação da gravidade, através de uma válvula existente na parte inferior da câmara, para que sejam criadas condições de pré-vácuo. É um processo que permite a permanência de ar residual, fato que o torna relativamente lento em comparação com os outros métodos, devido ao ar ser um mau condutor de calor, exercendo uma barreira para a penetração do calor. O processo é adequado para esterilização de materiais desempacotados, tendo em vista que o equipamento torna-se menos eficaz para materiais porosos ou muito densos, devido ao tempo de exposição e temperatura serem insuficientes para a esterilização;

2) autoclaves pré-vácuo (horizontais): neste processo o ar é removido previamente, ocasionando a formação de vácuo, que pode ser obtido por meio de bombas de sucção ou mesmo através de injeções e retiradas rápidas do vapor, em temperaturas moderadamente inferiores às do processo. Este mecanismo torna o sistema com pouca possibilidade de conter ar residual, além de mais rápido e eficiente, uma vez que quando o vapor é admitido no sistema sua penetração é instantânea nos recipientes.

Em relação à eficiência do processo de desativação microbiana, esta depende diretamente da temperatura em que os resíduos são submetidos e do período de contato com o vapor. Além disso, é necessário que os recipientes de armazenamento dos resíduos sejam capazes de facilitar a penetração do vapor, visto que o aquecimento dos resíduos ocorre através da penetração do vapor e por processos de condução térmica. As condições habituais de operação consistem em uma **temperatura de 135°C, pressão da ordem de 3 a 3,5 bar e duração entre 30 a 60 minutos** (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2001). Contudo, são encontrados na literatura diferentes faixas de temperatura para operação das autoclaves, normalmente entre 121 a 250 °C (BARROS, 2012).

Conforme o Ministério da Saúde (2001), outros fatores que influenciam na eficiência do processo são o volume e o tamanho da carga dos resíduos, devido à dificuldade de atingimento da temperatura ideal para o processo de esterilização que as cargas elevadas possuem.

Para tanto, alguns processos realizam a descaracterização dos resíduos anterior à autoclavagem, através de trituradores (Figura 3), tendo como objetivo aumentar a superfície específica dos resíduos, facilitando o contato dos resíduos com o vapor e consequentemente aumentando a eficiência do sistema. Enquanto a trituração após o processamento, objetiva apenas tornar os resíduos irreconhecíveis para que tenham uma melhor aceitação social durante a disposição final. É importante ressaltar que a trituração pode gerar aerossóis, quando não operadas em sistemas enclausurados (CUSSIOL, 2016).

Figura 3 - Descarregamento de resíduos para trituração e resíduos triturados



Fonte: IWAI, 2009.

Em relação às vantagens de utilização da técnica de autoclavagem destacam-se a facilidade de operação e instalação; baixo custo operacional; alto grau de eficiência; possibilidade de realização do processo no próprio estabelecimento gerador e grau adequado de segurança de descontaminação, quando bem operado (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2001).

Contudo, a baixa redução do volume dos resíduos, quando não ocorre a trituração; a necessidade de aquisição de recipientes termorresistentes; a geração de odores e aerossóis e a baixa eficiência para o tratamento de resíduos com maior densidade destacam-se como desvantagens de utilização do processo (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2001).

2.5.1.1 Teste de eficiência da desativação microbiana

O grau de eficiência do ciclo da autoclave deve ser verificado periodicamente, conforme a frequência de utilização. Para a referida verificação devem ser utilizados nos ciclos de autoclavagem indicadores biológicos e químicos (CANAN *et al.*, 2010).

Como indicadores biológicos, comumente são utilizados esporos de *Geobacillus stearothermophilus* ATCC 7953, que são microrganismos resistentes aos processos de descontaminação, recomendados para análise de esterilização por calor úmido (vapor sob pressão), a temperaturas maiores ou iguais a 121°C. Para descontaminação por calor seco (processo realizado em estufas) ou por óxido de etileno (descontaminação química), a

temperaturas inferiores a 121°C, são recomendados a utilização de esporos de *Bacillus atrophaeus* ATCC 9372 (CANAAAN *et al.*, 2010).

O esporo é uma forma microbiana mais resistente a qualquer ação de descontaminação, tendo em vista que atua como um agente protetor, possibilitando que o microrganismo patogênico permaneça em estado de latência por um período de tempo considerável (GALVÃO *et al.*, 2013). Desta forma, a eficiência é garantida através da integração dos fatores letais de temperatura e tempo sobre a população microbiana, ou seja, se todos os esporos forem destruídos dentro do indicador é possível ter maior segurança de que os microrganismos patogênicos presentes na massa de resíduos também foram destruídos (APECIH, 1998 *apud* CANAAAN *et al.*, 2010).

Tais indicadores devem ser incubados com outros microrganismos que não sofreram o processo de autoclavagem, para fins de verificação das condições favoráveis ao crescimento microbiano após todo o processo e para que se possa certificar que a descontaminação foi completamente alcançada (FIGURA 4). Estas condições de incubação são fornecidas pelos próprios fabricantes dos indicadores (APECIH, 1998 *apud* CANAAAN *et al.*, 2010; PENNA *et al.*, 1994).

Figura 4 - Incubação dos indicadores biológicos



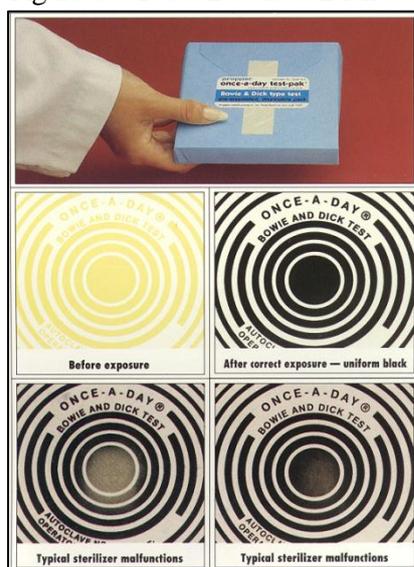
Fonte: Mamede, 20-?.

De acordo com o Ministério da Saúde (2001), podem também serem utilizados indicadores químicos que servem para indicar falhas no equipamento em relação à penetração de calor, mas que não são muito recomendados por não representarem o tempo em que a temperatura foi mantida.

Estes indicadores químicos são compostos por tiras de papel que contém tinta termocrômica, que são capazes de alterar a cor quando expostas à temperatura recomendada pelo fabricante. Para tanto, estas tiras devem ser incluídas dentro dos pacotes, preferencialmente em locais com nenhuma possibilidade de penetração do vapor. Há diferentes tipos de indicadores químicos internos, que variam conforme o processo de esterilização, capazes de monitorar a presença ou alcance dos parâmetros requeridos no processo, sendo eles (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2001):

- indicadores de processo (classe 1): capazes de indicar que o material sofreu processos de esterilização. Exemplo: fita zebraada;
- indicadores para uso em testes específicos (classe 2): utilizados para testar a eficiência do sistema de vácuo em autoclaves pré-vácuo. Através do teste é possível fazer detecção de bolhas de ar, além de avaliar se a autoclave pré-vácuo é capaz de remover o ar, quando o mesmo é admitido, e formar vácuo. No teste, caso a mudança de cor se apresente de forma homogênea, a autoclave está apta para operação. Exemplo: Bowie & Dick (FIGURA 5);

Figura 5 - Teste Bowie & Dick



Fonte: Mamede, 20-?.

- indicadores de um parâmetro (classe 3): utilizado para medir parâmetros críticos do processo, como tempo, vapor e temperatura;
- indicadores multi-parâmetros (classe 4): projetados para realizar a medição de dois ou mais parâmetros críticos;
- indicadores integrados (classe 5): são indicadores utilizados, dentro de um intervalo pré-determinado entre os ciclos, para reagir com outros parâmetros críticos do processo;
- simuladores (classe 6): tipo de indicador capaz de identificar possíveis falhas de determinado parâmetro, visto que são projetados para reagir com todos os parâmetros críticos do processo.

Com objetivo de fixar critérios para a aceitação da operação de sistemas de tratamento térmico sem combustão, a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) elaborou a Norma Técnica E15.010/2011, que estabelece critérios para operação dos RSS dos grupos A - com exceção dos subgrupos A3 e A5 -, e do grupo E, com contaminação biológica, em autoclaves. O Quadro 4 apresenta os critérios estabelecidos na referida norma (CETESB, 2011):

Quadro 4 - Principais critérios exigidos pela norma CETESB E15.010/2011

Parâmetros	Exigências
Documentação de controle	<p>controle de recebimento de resíduos, com arquivamento mínimo de cinco anos: dados do gerador e transportador; identificação dos grupos de RSS; quantidade diária recebida;</p> <p>registros operacionais por carga: registros de temperatura e pressão; quantidade de RSS processados e incidentes;</p> <p>registros dos testes de eficiência: contendo tempo de exposição; temperatura; pressão; características da carga.</p>
Condições Técnicas e operacionais	<p>trituração prévia integrada, em sistema fechado, para RSS do subgrupo A2;</p> <p>trituração anterior à disposição final;</p> <p>área de recepção e armazenamento de resíduos;</p> <p>área específica para higienização dos recipientes;</p> <p>registradores de temperatura e pressão de forma contínua e ao longo do ciclo operacional.</p>
Eficiência	<p>deverá ser apresentado um plano de teste de eficiência, que deve ser realizado com a capacidade nominal do equipamento, antes da sua entrada em operação e contendo informações específicas listadas pela norma;</p> <p>deverá ser avaliada através de preparações comerciais (fitas ou tiras) contendo, no mínimo, populações de 10^4 esporos de esporos <i>Bacillus atrophaeus</i> ATCC 9372 (para tratamento com calor seco) ou <i>Geobacillus stearothermophilus</i> ATCC 7953 (para tratamento com calor úmido), devendo atingir o nível III de inativação microbiana.</p>
Efluentes líquidos	<p>quando lançados em sistema público de esgoto provido de estação de tratamento, deverão atender aos padrões de emissão estabelecidos na Lei Estadual nº 997/1976, que dispõe sobre o controle da poluição ambiental no Estado de São Paulo;</p> <p>quando lançados em sistema público de esgoto desprovido de estação de tratamento, deverão atender aos padrões de emissão estabelecidos na Lei Estadual nº 997/1976 e na Resolução CONAMA nº 430/2011, que dispõe de condições e padrões de lançamento de efluentes;</p> <p>quando lançados em corpos d'água, deverão passar por uma desinfecção prévia, além de atender aos padrões de emissão estabelecidos.</p>

Fonte: CETESB, 2011 (adaptado).

Após todo o processo de autoclavagem, os resíduos processados devem ser encaminhados para disposição final ambientalmente adequada. É importante ressaltar que todo efluente gerado no processo deve atender diretrizes específicas antes do lançamento na rede de esgoto, devendo atender critérios estabelecidos pela companhia de saneamento local, caso haja, ou se enquadrar nos parâmetros exigidos pela Resolução CONAMA nº 430/2011, que dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes, caso o lançamento seja diretamente no corpo receptor (SCHNEIDER; STEDILE, 2015).

No Estado de Minas Gerais a Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA) possui o Programa de Recebimento e Controle de Efluentes para Usuários Não Domésticos (PRECEND), que viabiliza o lançamento destes efluentes na rede da concessionária, para posterior tratamento nas estações de tratamento de esgotos (ETE). Para tanto, a COPASA emitiu a Norma Técnica T. 187/5, no ano de 2014, estabelecendo critérios e condições para o lançamento de efluentes líquidos não domésticos no sistema de esgotamento sanitário (COPASA, 2014).

2.5.2 Incineração

A incineração pode ser definida como um processo físico-químico de oxidação a elevadas temperaturas, variando entre 800 a 1300°C, sob condições controladas, onde ocorre a destruição de microrganismos patogênicos e redução do volume dos resíduos, resultando na geração de cinzas e emissões atmosféricas (ANVISA, 2006). Os incineradores (Figura 6) são equipamentos constituídos de materiais isolados termicamente, capazes de resistir a elevadas temperaturas, dotados de queimadores destinados ao aquecimento das câmaras (COSTA, 2007).

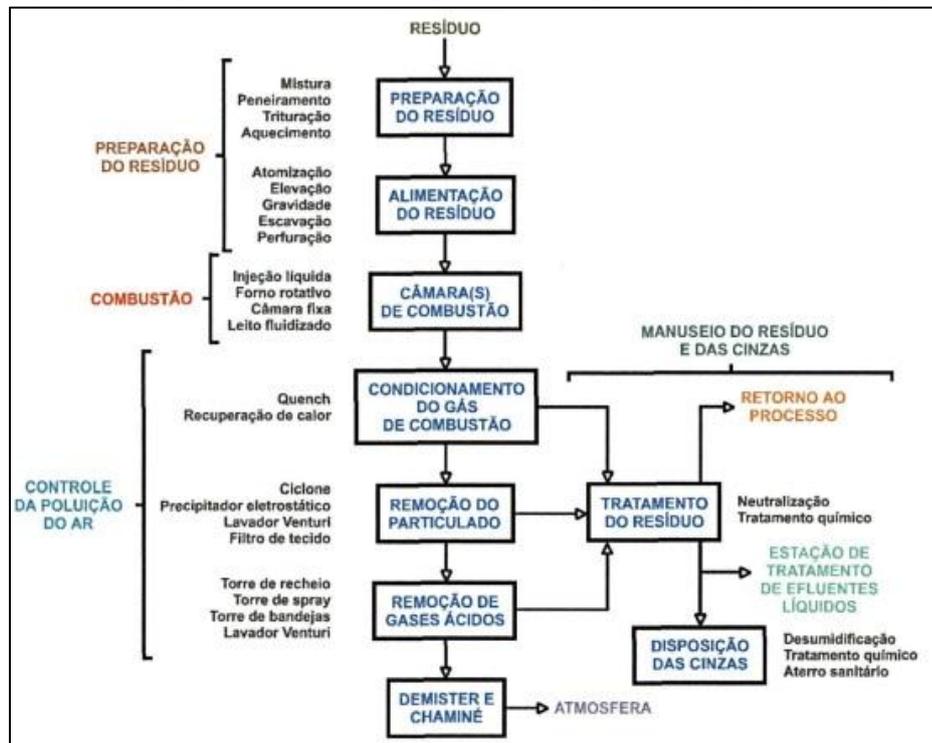
Figura 6 - Incinerador



Fonte: Ecovital, 2016.

O processo de incineração consiste em quatro etapas, sendo elas: preparação e alimentação dos resíduos; câmaras de combustão; controle de emissões atmosféricas e manuseio e destinação final ambientalmente adequada das cinzas e efluentes (DEMPSEY; OPPELT, 1999 *apud* COSTA, 2007).

Figura 7 - Etapas da incineração e opções de componentes de processos típicos



Fonte: DEMPSEY; OPPELT, 1999 *apud* GUILHERME, 2000 (adaptado).

A Figura 7 representa diversas opções de componentes em cada etapa. Entretanto, em relação aos RSS, alguns componentes não são típicos, como no caso da preparação dos resíduos, visto que os RSS não devem ser manipulados após seu acondicionamento, neste caso, são diretamente direcionados para a etapa de combustão (COSTA, 2007; MOL, 2011).

De acordo com Rigato (2008) a configuração física do resíduo determina o método mais adequado de alimentação do forno. Desta forma, os resíduos sólidos “podem ser alimentados na câmara de combustão através de empurradores, por gravidade, alimentadores pneumáticos, alimentadores vibratórios, de rosca sem fim ou correia de alimentação”. Enquanto os resíduos líquidos são bombeados para a câmara de combustão por meio de pulverizadores ou queimadores atomizadores.

Outra questão importante a ser observada é a forma física do resíduo, que também determina o tipo de incinerador que melhor se emprega para o tratamento, como pode ser verificado no Quadro 5.

Quadro 5- Aplicabilidade dos tipos de incineradores

	Características do resíduo	Injeção líquida	Forno rotativo	Câmara fixa	Leito fluidizado
Sólido	Granulares, homogêneo		X	X	X
	Irregular, bruto		X	X	X
	Baixo ponto de fusão	X	X	X	X
	Compostos orgânicos com constituintes de cinzas fundíveis		X	X	X
	Material não preparado, volumoso, material a granel		X	X	X
Gases	Vapores orgânicos	X	X	X	X
Líquidos	Resíduos aquosos com alta carga orgânica	X	X	X	X
	Líquidos orgânicos	X	X	X	X
Sólidos Líquidos	Resíduos contendo compostos aromáticos halogenados (mínimo de 1204°C)	X	X	X	X
	Lodo aquoso orgânico	X	X	X	X

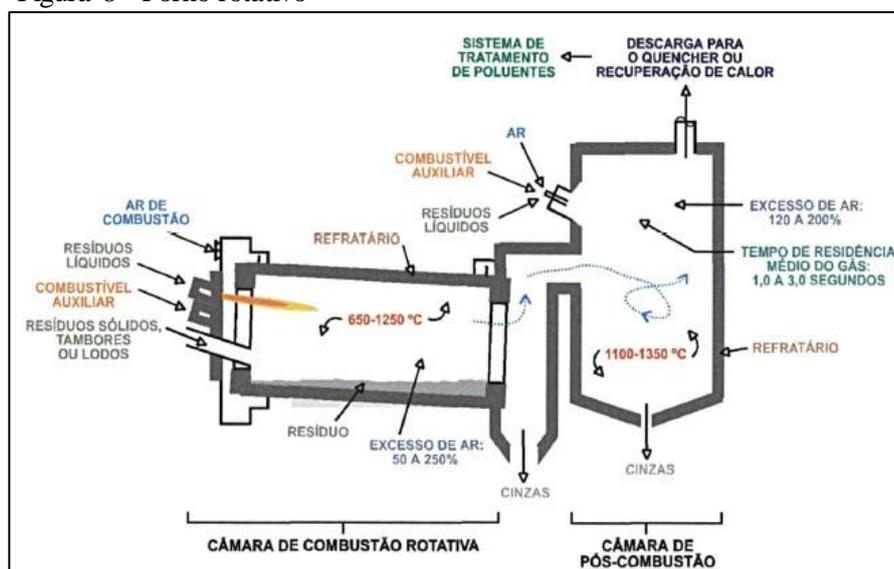
Fonte: U.S. EPA, 1981 *apud* Rigato, 2008.

De acordo com Leite (2012) existem diferentes tipos de incineradores, cuja denominação varia conforme o tipo da câmara de combustão empregada. Os principais tipos de incineradores empregados para o tratamento de RSS são:

a) incinerador com forno rotativo: tipo de incinerador mais utilizado devido sua capacidade de tratar resíduos em diferentes estados físicos (forma líquida, sólida e armazenados em contêineres). O forno rotativo é composto por um cilindro revestido com refratários em seu interior e apresenta uma ligeira inclinação, capaz de induzir o transporte dos resíduos e promover turbulência necessária para homogeneizá-los. Em linhas gerais, um incinerador do tipo rotativo é composto por duas câmaras de combustão, sendo a primeira responsável pela combustão primária dos resíduos, que apresenta uma temperatura de saída de 1000 °C, onde ocorrem a secagem, o aquecimento, a transformação dos resíduos em cinzas e a liberação de substâncias voláteis. Já a segunda câmara é responsável pela queima dos gases oriundos da combustão inicial, que apresenta temperatura mínima de 1.200 °C e um período de residência dos gases superior a um segundo, conforme Figura 8 (DIAS *et al.*, 2009; MONTEIRO *et al.*, 2000).

As principais características do forno rotativo é a fácil adaptabilidade a diversos tipos de resíduos; elevada temperatura de combustão e tempo elevado de permanência dos gases de combustão a elevadas temperaturas (CHIRICO, 1996).

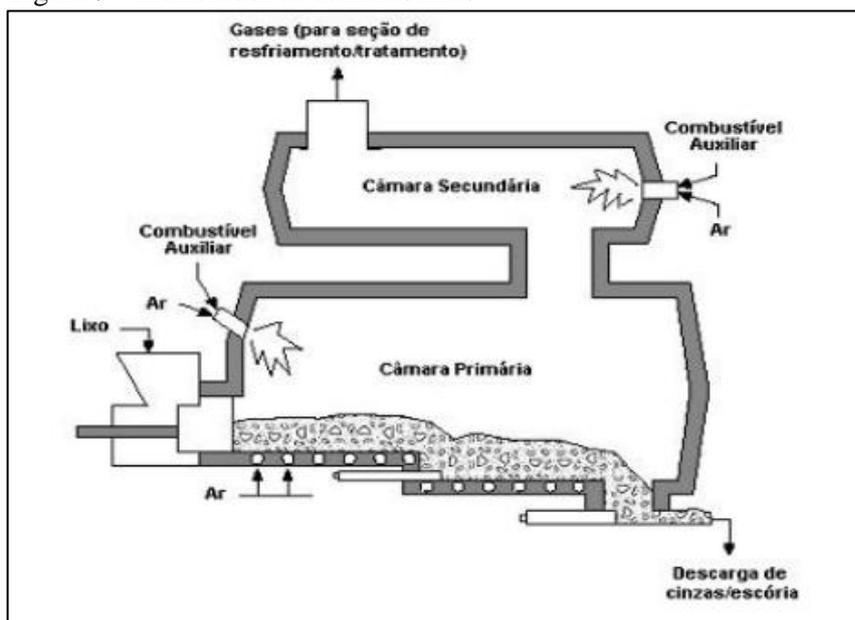
Figura 8 - Forno rotativo



Fonte: GUILHERME, 2000.

b) incinerador de câmaras fixas (Figura 9): o processo de combustão neste tipo de incinerador consiste em dois estágios. Inicialmente o resíduo é direcionado para a câmara primária, que apresenta normalmente uma temperatura entre 500 a 900°C, onde ocorre a combustão incompleta, devido à baixa condição de oxigênio (50 a 80%). Tal condição evita a formação de gradientes elevados de temperatura, devido às condições sub-estequiométricas, além de impedir a volatilização de grandes quantidades de metais e minimizar a formação de óxidos nitrosos, tendo em vista que os mesmos são formados a elevadas temperaturas. Os gases resultantes da combustão na primeira câmara são direcionados para a câmara secundária, onde é injetado ar adicional para que a combustão se complete. Nesta câmara a temperatura gira em torno de 750 a 1250°C e o tempo de residência recomendável é de 2 a 3 segundos. Com a adição de ar secundário, a maioria dos gases oriundos da câmara anterior são oxidados a dióxido de carbono e água (RIGATO, 2008; HENRIQUES, 2004 *apud* ARANDA, 2001).

Figura 9 - Incinerador de câmaras fixas



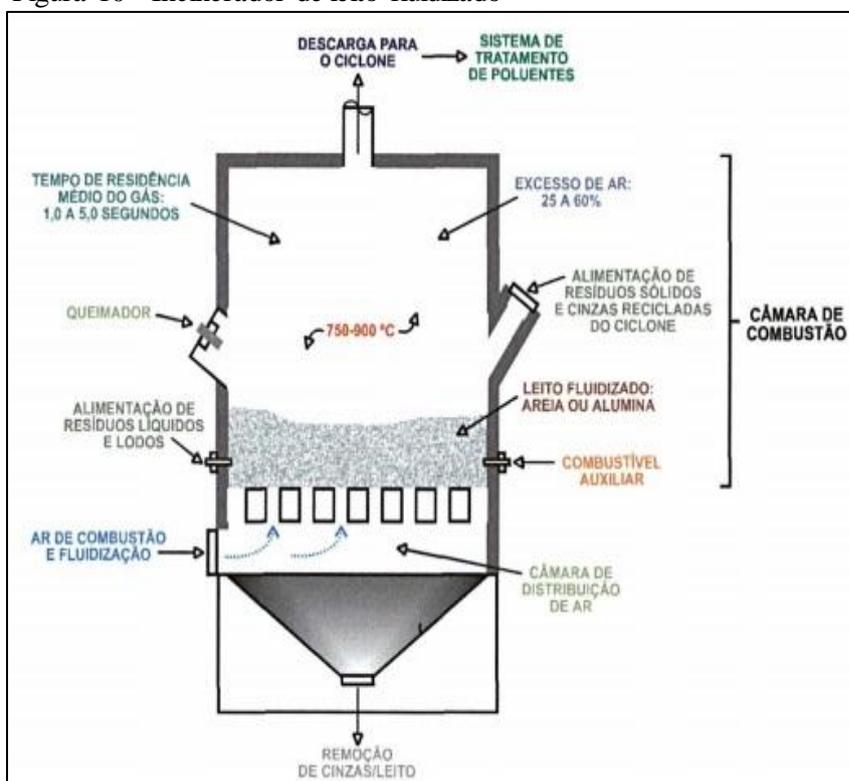
Fonte: HENRIQUES, 2004 *apud* ARANDA, 2001.

c) incinerador de leito fluidizado (Figura 10): são incineradores apresentados na forma leito borbulhante e circulante, consistindo em um vaso de combustão, revestido com refratários contendo materiais inertes, que abrangem 95% da massa do leito, como areia, carbonato de sódio ou alumina. Estes materiais são mantidos em suspensão por meio de uma corrente de ar injetada na base do equipamento, através de um distribuidor na forma de pratos. No leito circulante as velocidades são elevadas e os sólidos são soprados para a seção superior,

separados por ciclone, e em seguida, retornam para a câmara de distribuição (DEPMSEY; OPPELT, 1999 *apud* COSTA, 2007).

De acordo com Banco Mundial (2010) o leito se comporta como líquido e é aquecido por queimadores auxiliares, no início da operação, sendo que ao atingir uma temperatura de 400°C, o equipamento deve ser alimentado com os resíduos, podendo ser inseridos acima ou dentro do leito. A partir da introdução dos resíduos, suas partículas trocam calor com o material inerte presente no leito, entrando em combustão imediata.

Figura 10 - Incinerador de leito fluidizado



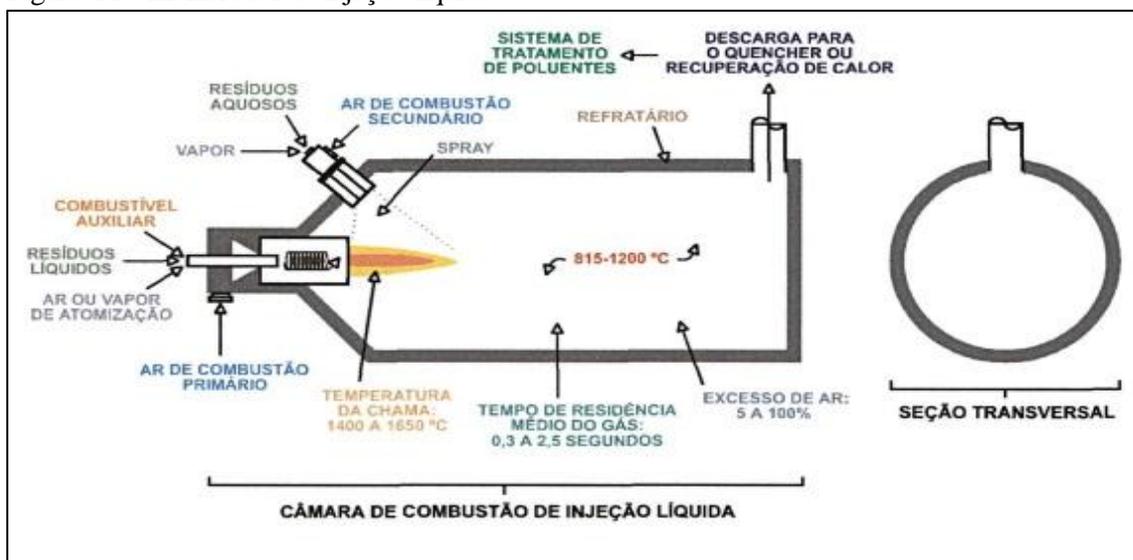
Fonte: DEPMSEY; OPPELT, 1999 *apud* GUILHERME, 2000.

Conforme Rigato (2008), os incineradores de leito fluidizado apresentam razões de gás-sólido elevadas, além de uma considerável eficiência na transferência de calor. Outra característica relevante é que os resíduos são distribuídos de forma uniforme em todo o leito e as temperaturas de operação variam na faixa de 760 a 870°C, demandando um excesso de ar entre 25 a 150%.

d) incinerador de injeção líquida (Figura 11): equipamento constituído por cilindros revestidos com refratários, providos de um ou mais queimadores, e normalmente utilizados para líquidos bombeáveis. Os resíduos, quando injetados através dos queimadores, são atomizados em gotículas e queimados em suspensão. Estes queimadores podem estar direcionados de diferentes formas em relação à chama, tanto axialmente quanto radialmente ou tangencialmente (DEPMSEY; OPPELT, 1999 *apud* COSTA, 2007).

Os incineradores de injeção líquida podem ser verticais, quando utilizados para tratamento de resíduos com alto teor de sais inorgânicos e cinzas fundíveis, e horizontais para resíduos com baixo teor de cinzas (DEPMSEY; OPPELT, 1999 *apud* COSTA, 2007).

Figura 11 - Incinerador de injeção líquida



Fonte: DEPMSEY; OPPELT, 1999 *apud* GUILHERME, 2000 (adaptado).

Todos os tipos de incineradores operam com maior eficiência quando os resíduos apresentam um alto poder calorífico; desta forma, o processo de combustão deve apresentar uma quantidade de calor suficiente capaz de evaporar toda a umidade presente nos resíduos e manter a temperatura equilibrada (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2001).

Apesar dos RSS possuírem em sua composição parcelas combustíveis, há necessidade do uso de queimadores no momento inicial do processo, por meio do pré-aquecimento das câmaras, para complementar a demanda energética em todo processo e garantir o atingimento das temperaturas mínimas adequadas em cada câmara (COSTA, 2007).

Nas câmaras de combustão ocorrem reações físicas, relacionadas à preparação do combustível e do ar, mistura e condições específicas para a combustão, e reações químicas, através das frações combustíveis e comburentes, caracterizadas pelas concentrações das substâncias e temperaturas (COSTA, 2007). Após a combustão, os gases oriundos do processo são incinerados na câmara pós-combustão, a uma temperatura na faixa de 1050 a 1250 °C; nesta câmara é utilizado, em alguns casos, queimadores auxiliares, responsáveis pela regulação da temperatura na faixa esperada (MOL, 2011).

É importante ressaltar que, independente do tipo de incinerador, para o adequado processo de combustão é necessário o **controle do tempo, da temperatura, da turbulência e do teor de oxigênio**, requisitos estes conhecidos como “quatro tês”. O fator tempo considera o período necessário para que as reações químicas se completem; o fator turbulência proporciona a mistura entre as frações combustíveis e comburentes; o fator temperatura é importante para garantir condições necessárias para que a combustão ocorra, mantendo a energia necessária para a ocorrência das reações exotérmicas, enquanto o teor de oxigênio é responsável por garantir uma atmosfera oxidante, capaz de influenciar na combustão completa dos resíduos (COSTA, 2007).

Quanto à eficiência do processo de incineração, esta pode ser quantificada através de um parâmetro denominado “Eficiência de Remoção e Destruição (EDR)”, o qual deve ser avaliado durante o teste de queima visando demonstrar se o incinerador atinge o percentual de remoção e destruição de 99,99% para o principal Composto Orgânico Perigoso (PCOP). A realização do teste de queima é condição obrigatória no processo de regularização ambiental e para processos de renovação da licença, bem como para casos de modificações operacionais ou caso de algum resíduo a ser incinerado não tenha sido especificado na licença (CONAMA, 2002; GUILHERME, 2000).

Para tanto, o empreendedor deve elaborar um plano de teste de queima contemplando os dados, cálculos e demais ações relativas à operação do incinerador, conforme exigências estabelecidas no Anexo II da Resolução CONAMA nº 316, de 29 de outubro de 2002, que dispõe sobre procedimentos e critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento

térmico de resíduos. A referida resolução ressalta ainda que o órgão ambiental competente deve acompanhar toda a operação do teste de queima (CONAMA, 2002).

A NBR 11.175:1990 relativa à incineração de resíduos sólidos perigosos, estabelece que para a realização do teste de queima devem ser selecionados PCOPs presentes em uma determinada carga de resíduos a ser incinerada, por serem compostos de difícil queima, de acordo com a listagem nº 4 da NBR 10.004:2004. De acordo com a referida NBR, a eficiência de destruição e remoção pode ser calculada da seguinte forma (1) (ABNT, 1990):

$$E_d = \frac{cPCOP^{entrada} - cPCOP^{saída}}{cPCOP^{entrada}} \cdot 100 \quad (1)$$

Onde: E_d : eficiência de destruição e de remoção;

$cPCOP^{entrada}$: taxa de alimentação de PCOP na entrada do resíduo (kg/h);

$cPCOP^{saída}$: taxa de saída de PCOP medida na chaminé (kg/h).

Caso o resíduo a ser incinerado possua mais de um composto passível de classificação como PCOP, a escolha deve basear-se no quantitativo da substância presente na massa do resíduo e no grau de dificuldade para incineração do mesmo (GUILHERME, 2000).

Parâmetros como temperatura e tempo de residência dos compostos possuem maior influência sobre o E_d de um incinerador. O aumento do tempo de residência dos gases na câmara de combustão possibilita o aumento da taxa de incineração, acarretando em uma maior E_d . É importante destacar que a temperatura e o tempo são parâmetros interdependentes, em que quanto maior a temperatura na câmara, menor será o tempo necessário para a incineração de todos os componentes, conforme Tabela 2 (COSTA, 2007; LORA, 2002).

Tabela 2 - Comparação das legislações e normas vigentes referentes à incineração (Continua)

Composto	Tempo de residência (0,5 s)			Tempo de residência (1 s)			Tempo de residência (2 s)		
	E_d (90%)	E_d (95%)	E_d (99%)	E_d (90%)	E_d (95%)	E_d (99%)	E_d (90%)	E_d (95%)	E_d (99%)
Tolueno	718,3	725,5	737,0	699,6	706,7	718,3	682,0	688,6	699,6

1,1,1-Tricloroetano	638,5	652,3	675,9	603,9	616,5	638,5	572,0	583,5	603,9
Xileno	1133,0	1146,2	1169,3	1098,3	1111,5	1133,0	1065,9	1078,0	1098,3
Diclorometano	810,1	819,5	836,0	784,8	794,2	810,5	761,2	776,0	784,8
Tricloroetileno	832,1	858,0	903,6	768,3	792,0	832,5	711,7	732,6	768,3
Tetracloroetileno	970,7	995,5	1038,9	908,6	931,7	970,7	853,1	873,4	908,6
Benzeno	785,4	801,3	827,7	746,3	760,6	785,4	709,5	723,2	746,3
Clorofórmio	628,1	636,9	651,2	605,5	613,8	628,1	584,1	592,3	605,5

Fonte: LORA, 2002.

Como vantagem do tratamento por incineração destaca-se a eficiência de inertização dos resíduos e a não necessidade de inertização anterior ao processo, além da acentuada redução do volume dos resíduos (cerca de 80 a 95%). Entretanto, uma das desvantagens de utilização da técnica refere-se ao grau de risco associado à emissão de poluentes atmosféricos e a possibilidade de formação de dioxinas e furanos, além do elevado custo operacional e de manutenção, principalmente devido ao controle das emissões atmosféricas (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2001).

2.5.2.1 Equipamentos de controle de poluição atmosférica

Todo incinerador, independente do tipo, apresenta um elevado potencial de liberação de gases poluentes para a atmosfera, sendo a maioria destes gases caracterizados como tóxicos ou bioacumulativos, como bifênilas policloradas (PCBs), naftalenos policlorados, benzenos clorados, hidrocarbonetos aromáticos policíclicos, compostos orgânicos voláteis (VOCs) e metais pesados (chumbo, cádmio e mercúrio). Dentre estes poluentes destacam-se as dioxinas e furanos, que são compostos organoclorados complexos oriundos da combustão incompleta dos resíduos em uma faixa de temperatura entre 500 a 800 °C e apresentam grande variedade de isômeros, com diferentes graus de toxicidade (COSTA, 2007; CHIRICO, 1996; MOL, 2011).

Assim sendo, após a câmara de combustão, a corrente gasosa deve ser direcionada para equipamentos de controle de poluição (ECP), como lavadores de gases, ciclones e filtros

manga, a fim de atender aos limites de emissões atmosféricas estabelecidos nas legislações (COSTA, 2007; CHIRICO, 1996).

Os ECP são classificados em função das características físico-químicas dos poluentes, dos mecanismos de controle envolvidos na operação e da utilização de água para o controle, visto que há equipamentos que operam a seco e a úmido (FERNANDES, 2003).

Para a escolha do equipamento mais adequado para o controle da poluição deve-se levar em consideração aspectos como o tipo e natureza do poluente, bem como sua vazão, condições locais, eficiência de retenção dos poluentes desejada, além da forma de destinação final do poluente coletado. Também é importante considerar os aspectos econômicos, em relação aos custos para instalação, operação e manutenção do equipamento (FERNANDES, 2003). A seguir serão apresentadas as principais características dos ECP mais empregados para o controle de emissões.

2.5.2.1.1 Filtros de manga

Os filtros de manga (Figura 12) são constituídos de tecidos capazes de reter partículas existentes no fluxo gasoso, por meio da passagem do gás entre seus poros. Fatores como a velocidade do gás, características das partículas e características do tecido determinam o grau de eficiência de retenção dos filtros de manga (GUILHERME, 2000; FEAM, 2012a).

Figura 12 - Filtros de manga



Fonte: FEAM, 2012a.

O material a ser utilizado para compor a manga deve ser compatível com o fluxo gasoso, além disso, devem ser observados fatores como temperatura, umidade, reatividade e concentração dos gases, bem como a composição e distribuição granulométrica das partículas a serem retidas. Normalmente, para gases com temperaturas elevadas, como os oriundos do processo de incineração, são utilizadas mangas de teflon ou fibras de vidro. Na Tabela 3 é apresentado as principais características de alguns meios filtrante utilizados na composição dos filtros de manga (FERNANDES, 2003).

Tabela 3 - Características de materiais utilizados como meio filtrante – Filtro de manga

Fibra	Temperatura de operação		Resistência à combustão	Resistência ¹				Custo ²
	Exposição longa	Exposição curta		Abrasão	Ácidos Minerais	Ácidos Orgânicos	Álcalis	
Lã	93	121	Não	B	R	R	P	7
Nylon	93	121	Sim	E	P	R	P	2
Orlon	116	135	Sim	B	B	B	R	3
Dacron	135	163	Sim	E	B	B	B	4
PP ³	93	121	Sim	E	E	E	E	6
Nomex	218	260	Não	E	R	E	B	8
F. de vidro	288	316	Sim	P-R	E	E	P	5
Teflon	232	260	Não	R	E	E	E	9

¹ P: pouco; R: razoável; B: boa; E: excelente

² Custo relativo – 1: menor custo; 9: maior custo – os outros valores variam proporcionalmente

³ PP: polipropileno

Fonte: SUHARA, 1997 *apud* FERNANDES, 2003 (adaptado).

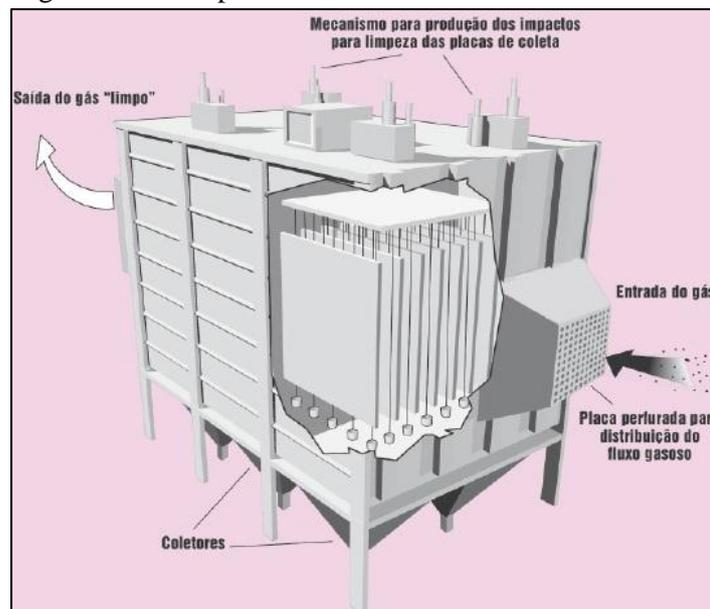
Os filtros de manga são considerados altamente eficientes por terem a capacidade de reter até 99% das partículas com diâmetros superiores a 1 µm; além disso, apresentam fácil manutenção e operação, sendo praticamente insensíveis caso haja variações nas condições do fluxo gasoso. Contudo, a vida útil dos equipamentos é limitada a temperaturas altas e o uso destes filtros não é viável para fluxo de gases contendo materiais higroscópicos, teor de umidade elevado e substâncias pegajosas (FEAM, 2012a).

2.5.2.1.2 Precipitadores eletrostáticos

Nos precipitadores eletrostáticos a corrente gasosa é direcionada a uma série de eletrodos de alta tensão que, a partir do princípio da eletrostática, ionizam as partículas e estas se descarregam, podendo ser coletadas em placas carregadas positivamente, conforme Figura 13 (GUILHERME, 2000).

Para o funcionamento adequado deste equipamento, o principal fator a ser controlado é a resistividade do fluxo, visto que seu aumento pode comprometer a eficiência de coleta, uma vez que é diretamente proporcional ao campo elétrico e inversamente proporcional à corrente que o atravessa. Além disso, para que o fluxo seja uniforme, a velocidade de passagem do gás deve ser relativamente baixa, na ordem de 0,6 a 2,1 m/s (FERNANDES, 2003).

Figura 13 - Precipitador eletrostático



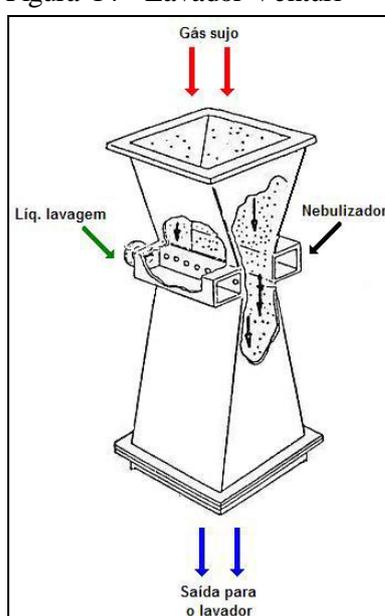
Fonte: FERNANDES, 2003.

O precipitador eletrostático apresenta eficiência de retenção de partículas da ordem de 99,9% e possui uma vida útil de 20 anos, além disso, o equipamento opera com elevadas vazões e concentrações e apresenta uma baixa perda de carga. Entretanto, sua instalação demanda grandes áreas e sua utilização não é adequada para casos que apresentam elevadas variações de condições (FERNANDES, 2003).

2.5.2.1.3 Lavador Venturi

O princípio de funcionamento do lavador Venturi consiste na injeção de um líquido de lavagem, geralmente água ou uma solução alcalina para neutralização de gases ácidos – como normalmente ocorre no processo de incineração –, durante a passagem do fluxo gasoso a altíssimas velocidades por meio de um estrangulamento (Figura 14), fazendo com que o líquido seja atomizado em gotículas com o objetivo de reter e coletar o material particulado (FERNANDES, 2003; FEAM, 2012a).

Figura 14 - Lavador Venturi



Fonte: FERNANDES, 2003.

Este equipamento funciona apenas como um aglomerado de material particulado, necessitando de um equipamento complementar para viabilizar a coleta do material. Para tanto, geralmente utiliza-se um coletor ciclônico para separação das gotículas e do aglomerado gasoso (FERNANDES, 2003).

O lavador Venturi possui uma eficiência elevada para a remoção das partículas e requer um espaço reduzido para sua instalação, além de possuir uma operação caracterizada como simples. Contudo, as desvantagens da utilização deste tipo de equipamento é o elevado volume de água necessário, além de possíveis efeitos corrosivos do fluxo de gás ácido (FERNANDES, 2003; GUILHERME, 2000).

2.5.2.1.4 Ciclones

Os principais mecanismos atuantes no ciclone são força gravitacional e força centrípeta. A ação de tais forças ocasiona a colisão entre as partículas e as paredes do equipamento, fato que acarreta a perda de energia das partículas e sua deposição na parte inferior do equipamento. Desta forma, o fluxo gasoso é direcionado para a seção superior do cone invertido, por apresentar menor densidade, e as partículas são coletadas na seção inferior em um compartimento específico, conforme Figura 15 (FERNANDES, 2003).

Figura 15 – Ciclone



Fonte: FERNANDES, 2003.

Os ciclones são equipamentos que apresentam baixo custo de construção e manutenção; perda de carga não muito elevada; operação em grandes faixas de temperatura e a seco. Contudo, o equipamento não se torna viável para operações com partículas com aderentes; além disso, não são muito eficientes para reter partículas com diâmetros menores que 5 μm (FERNANDES, 2003).

2.5.2.2 Legislação e normas aplicáveis

Para controle das emissões atmosféricas oriundas de sistemas de tratamento térmico, algumas legislações e normas estabelecem limites máximos de emissão para determinados poluentes, sendo elas: Resolução CONAMA nº 316/2002; NBR 11.175:1990; Diretiva 2000/76/CE do Parlamento Europeu e do Conselho e Norma Técnica CETESB E15.011/1997.

A Resolução CONAMA nº 316/2002 apresenta exigências e limites de emissões atmosféricas a serem atendidas por todos os sistemas de tratamento térmico. Para tanto, considera tratamento térmico todo aquele que realiza sua operação acima da temperatura mínima de 800 °C, o qual compreende a incineração (CONAMA, 2002).

A referida resolução estabelece que a instalação de sistema de tratamento térmico de RSS deve ocupar áreas, **preferencialmente**, não integrantes de complexos hospitalares. Além disso, a resolução exige que a escolha pelo tipo de tratamento térmico seja citada no PGRSS, elaborado pelos estabelecimentos geradores, em conformidade com a Resolução CONAMA nº 358/2005 e aprovados pelo órgão ambiental e de saúde. Outro fator importante que a resolução determina é que os RSS recebidos nos sistemas de tratamento sejam devidamente registrados por meio dos dados das fontes geradoras, devendo englobar informações como data de recebimento, classificação e quantidade de resíduos (CONAMA, 2002).

Também são estabelecidos na Resolução CONAMA nº 316/2002 limites máximos de emissão para material particulado total, substâncias inorgânicas, na forma particulada, e gases. Além disso, a resolução ainda exige que todo sistema de tratamento que produza resíduos sólidos, semi-sólidos ou pastosos, após tratamento, devem manter registro e controle, bem como atender as exigências do órgão ambiental para disposição final. A resolução ressalta ainda que as cinzas e escórias, oriundas do processo, devem ser dispostas em aterro para resíduos perigosos – Classe I, a não ser que o **órgão ambiental permita** a disposição em aterro para resíduos não perigosos e não inerte – Classe IIA ou em aterro para resíduos não perigosos e inertes – Classe IIB, após apresentação de análise que comprovem essa classificação (CONAMA, 2002).

Paralelamente, a NBR 11.175:1990 da ABNT fixa condições de desempenho de equipamentos de incineração que entraram em operação com ou sem teste de queima, bem como dita critérios para análise do resíduo a ser incinerado. Além disso, a norma estabelece limites de emissão de determinados poluentes e institui procedimentos para elaboração do plano de disposição dos resíduos, do plano de treinamento de pessoal e do plano de emergência (ABNT, 1990).

Outra norma bastante adotada atualmente pelos órgãos ambientais é a Diretiva 2000/76/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, a qual, por ser uma norma mais restritiva, proporciona uma maior segurança quanto ao controle das emissões. A Diretiva tem por objetivo a prevenção e a redução dos efeitos negativos da incineração e da co-incineração ao meio ambiente e à saúde humana. Para tanto, estabelece condições rigorosas de funcionamento e fixa valores-limite de emissão para a instalação dos equipamentos (UNIÃO EUROPEIA, 2010).

Dentre as exigências da Diretiva Europeia, destaca-se o recolhimento de amostras representativas de resíduos hospitalares infecciosos, preferencialmente antes da descarga do resíduo na unidade de tratamento a fim de verificar sua natureza e facilitar a adoção de procedimentos que devem ser seguidos anteriormente à recepção dos resíduos. Mesmo após a incineração, a norma recomenda que as amostras sejam guardadas por no mínimo um mês (UNIÃO EUROPEIA, 2010).

A CETESB também estabelece, por meio da Norma Técnica E15.011, de fevereiro de 1997, procedimentos específicos para sistemas de incineração de RSS. Para tanto, a referida norma estabelece condições específicas para operação de cada câmara de combustão, para qual é exigido no mínimo duas câmaras no sistema, e para a disposição final de cinzas e escórias. Além disso, a norma fixa critérios para os limites de emissões para efluentes líquidos e gasosos, bem como estabelece condições para monitoramento contínuo, registradores e indicadores (CETESB, 1997).

Na Tabela 4 é apresentada uma comparação dos principais parâmetros estabelecidos nos referidos instrumentos legais.

Tabela 4 - Comparação das legislações e normas vigentes referentes à incineração

(Continua)

Características	Substâncias	Resolução CONAMA 316/2002	Norma Técnica CETESB E15.011/1997	NBR 11175 de 1990	Diretiva CE 2000/76
EDR		$\geq 99,99\%$ PCOP	-	$\geq 99,99\%$ PCOP	-
Bifenilas Policloradas (PCB's)		$\geq 99,99\%$	-	$\geq 99,999\%$	-
Incinerador		2 Câmaras	T > 800°C na saída da 1ª câmara	T > 1000°C na saída da 1ª câmara	T > 850°C na saída da 1ª câmara e t = 2 seg (1100°C para resíduos com teor CL > 1%)
		Câmara secundária com T > 800°C e t > 1 seg.	t \geq 60 minutos na 1ª câmara.	Forno rotativo t = 30 min. e câmara fixa t = 60 min.	
		MP < 100 mg/Nm ³	T \geq 1000°C na saída da 2ª câmara	T \geq 1200°C na saída da pós combustão	
		Monóxido de Carbono < 100 ppm	t \geq 0,8 segundo	t \geq 2 segundos	
		Câmara primária: temperatura conforme teste de queima	O ₂ \geq 7%	-	
Limites de emissão atmosférica	MP	70 mg/Nm ³	50 mg/Nm ³	70 mg/Nm ³	10 mg/Nm ³
	Classe 1	0,28 mg/Nm ³	0,28 mg/Nm ³	0,28 mg/Nm ³	Cd + Tl: 0,05 mg/Nm ³
	Classe 2	1,4 mg/Nm ³	1,4 mg/Nm ³	1,4 mg/Nm ³	Hg: 0,05 mg/Nm ³
	Classe 3	7 mg/Nm ³	7 mg/Nm ³	7 mg/Nm ³	Pb, As, Co, Ni, Cr, Mn, Sb, Cu e V: 0,5 mg/Nm ³
	Óxidos de Enxofre	280 mg/Nm ³	250 mg/Nm ³	280 mg/Nm ³	50 mg/Nm ³
	Óxidos de Nitrogênio	570 mg/Nm ³	400 mg/Nm ³	560 mg/Nm ³	200 mg/Nm ³
	Monóxido de Carbono	100 ppm	125 mg/Nm ³	100 mg/Nm ³	50 mg/Nm ³ média diária

Nota: T: temperatura; t: tempo; Material Particulado (MP); classe 1: Cádmio (Cd); Mercúrio (Hg) e Tálcio (Tl); classe 2: Arsênio (As); Cobalto (Co); Níquel (Ni); Telúrio (Te); Selênio (Se); Classe 3: Antimônio (Sb); Chumbo (Pb); Cromo (Cr); Cianetos (CN); Cobre (Cu); Estanho (Sn); Flouretos (F); Manganês (Mn); Platina (Pt); Paládio (Pd); Ródio (Rh); Vanádio (V).

(Conclusão)

Características	Substâncias	Resolução CONAMA 316/2002	Norma Técnica CETESB E15.011/1997	NBR 11175 de 1990	Diretiva CE 2000/76
Limites de emissão atmosférica	Compostos Clorados	80 mg/Nm ³ (Max. 8 Kg/h)	70 mg/Nm ³	1,8 Kg/h ou 99% remoção para teor de Cl >0,5%	10 mg/Nm ³
	Compostos Fluorados	5 mg/Nm ³	5 mg/Nm ³	5 mg/Nm ³	1 mg/Nm ³
	Dioxinas e Furanos (Total de Toxicidade Equivalente)	0,5 ng/Nm ³	0,14 ng/Nm ³	remoção de 99,999%	-
Efluentes líquidos	-	Conforme CONAMA n° 430/2011	Conforme CONAMA n° 430/2011 e Lei Estadual 997/76	-	Estabelece limites para compostos classe 1, 2 e 3, SST e dioxinas/furanos para água de lavagem de gases.
Resíduos sólidos	-	Cinza e escória a princípio são classe I. Podem ser considerados classe II se comprovada a inertização.	Classificadas conforme NBR 10.004	O plano de disposição de efluentes sólidos e semi-sólidos devem constar do projeto a ser aprovado pelo Órgão de Controle Ambiental.	-

Fonte: CONAMA, 2002; CETESB, 1997; ABNT, 1990; UNIAO EUROPEIA, 2010 (adaptado).

2.5.3 Microondas

O tratamento por microondas consiste na aplicação de ondas de baixa ou alta frequência na massa de resíduos, sob elevada temperatura, capaz de proporcionar sua descontaminação (FIGURA 16) (ANVISA, 2006).

Figura 16- Microondas



Fonte: IWAI, 2009.

Inicialmente os resíduos são triturados a tamanhos granulares e, em seguida, umedecidos em até 10% de sua massa e dispostos em contêineres com guincho automático em uma tremonha fixada na parte superior do equipamento (FEAM, 2012a).

O equipamento possui em seu interior um mecanismo que transforma energia elétrica em ondas eletromagnéticas com frequência da ordem de 2.450 mega-hertz. Desta forma, as moléculas de água presente no interior dos resíduos absorvem tais ondas, através das vibrações eletromagnéticas, que provocam o aquecimento de fora para dentro, atingindo temperaturas que variam entre 95 a 100 °C (FIGURA 17). Na câmara de desinfecção existe um mecanismo responsável pelo revolvimento dos resíduos para que toda a massa receba a radiação de maneira uniforme (FEAM, 2012a; LEITE, 2012).

Figura 17 - Descarregamento dos resíduos após tratamento



Fonte: IWAI, 2009.

Para verificação das condições de funcionamento do processo devem ser realizados testes periodicamente, a fim de verificar se foi atingido o nível III de inativação microbiana. Tais testes são semelhantes aos realizados para análise da eficiência da autoclavagem (FEAM, 2012a).

Os principais fatores que podem interferir na operação do sistema de tratamento são: frequência, comprimento de onda, tempo de exposição, umidade dos resíduos, temperatura e mistura dos resíduos durante o tratamento (FEAM, 2012a).

Uma das vantagens de utilização da técnica é que a operação ocorre de forma contínua e, quanto ocorre a trituração prévia, o volume dos resíduos é reduzido e os mesmos tornam-se descaracterizados, podendo ser dispostos em aterro sanitário. Além disso, um fator que se destaca neste tipo de tratamento é a mínima emissão de gases, devido à utilização de energia elétrica na operação (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2001; FEAM, 2012a).

Como desvantagem destaca-se o alto custo operacional; a capacidade de operação limitada e a não adequação da técnica para tratamento de grandes volumes de resíduos (quantidades acima de 800 kg) (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2001).

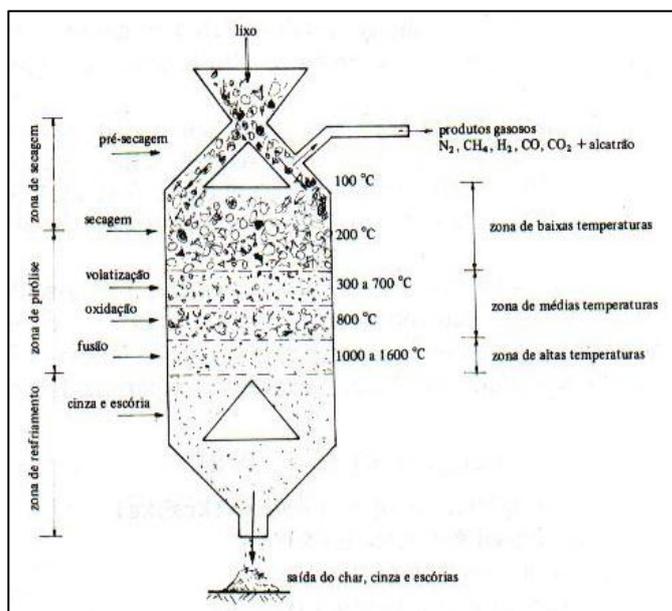
Ressalta-se que compostos orgânicos voláteis e semi-voláteis, resíduos quimioterápicos, peças anatômicas, mercúrio, resíduos químicos perigosos e resíduos radioativos não devem ser tratados por microondas, devido à alta possibilidade de formação de vapores tóxicos (HCWH, 2004 *apud* FEAM, 2012a).

2.5.4 Pirólise

A pirólise consiste na decomposição térmica dos resíduos na ausência ou mesmo deficiência de oxigênio, resultando na conversão da matéria orgânica em diferentes subprodutos, que podem apresentar variação em sua composição química conforme condições do processo, como temperatura, tipo de equipamento empregado e composição da biomassa (TÔRRES FILHO, 2014; FEAM, 2012b).

As substâncias são gradualmente fracionadas à medida que passam pelas zonas de calor localizadas em reatores verticais ou horizontais. Desta maneira, na parte inicial do reator, denominada zona de secagem, as substâncias perdem a umidade e, posteriormente, na zona pirolítica ocorrem processos de volatilização das substâncias, através de reações de oxidação e fusão (FIGURA 18). Nesta zona a temperatura pode variar entre 300 a 1.600°C (FEAM, 2012b). Este craqueamento térmico resulta em subprodutos sólidos carbonizados, gases combustíveis ou líquidos pirolenhosos, que apresentam menores pesos moleculares e potencial valor econômico (AIRES, 2003).

Figura 18 - Fluxo do processo no reator pirolítico



Fonte: LIMA, 1995 *apud* FEAM, 2012b (adaptado).

Contudo, o líquido pirolenhoso é altamente corrosivo e poluente, devendo ser gaseificado ou refinado para uso energético. Enquanto os gases não condensáveis podem ser utilizados para a produção de vapor, por meio de trocadores de calor, ou podem ser queimados em caldeiras, turbinas a gás ou em motores de combustão interna, com a ressalva de que sejam previamente resfriados e limpos em sistemas de controle de emissão (FEAM, 2012b).

Como as condições do processo determinam a composição química dos subprodutos, as temperaturas baixas e os períodos extensos de residência favorecem a geração de subprodutos sólidos. Por outro lado, temperaturas elevadas e longos períodos de residência propiciam a conversão da biomassa em gases; em temperaturas moderadas e tempo de residência curto a produção de líquidos é favorecida (YAMAN, 2004 *apud* TÔRRES FILHO, 2014; BRIDGWATER, 2012 *apud* TÔRRES FILHO, 2014).

De acordo com FEAM (2012b), o balanço energético do processo é positivo, ou seja, é capaz de produzir mais energia do que se consome. Além disso, conforme o mesmo autor, a pirólise pode apresentar diferentes classificações, variando conforme o tempo de residência, temperatura e taxa de aquecimento. Entretanto, as classificações mais empregadas são as modalidades de pirólise lenta e rápida, conforme Tabela 5.

Tabela 5 - Classificação das modalidades de pirólise

Modalidades	Tempo de residência	Temperatura (°C)	Produto principal
Pirólise lenta (carbonização)	horas/dias	350 a 700	Sólido de carbono quase puro (char)
Pirólise rápida	0,5 a 2 segundos	400 a 600	Líquido pirolenhoso

Fonte: GOMES, 2010 *apud* FEAM, 2012b.

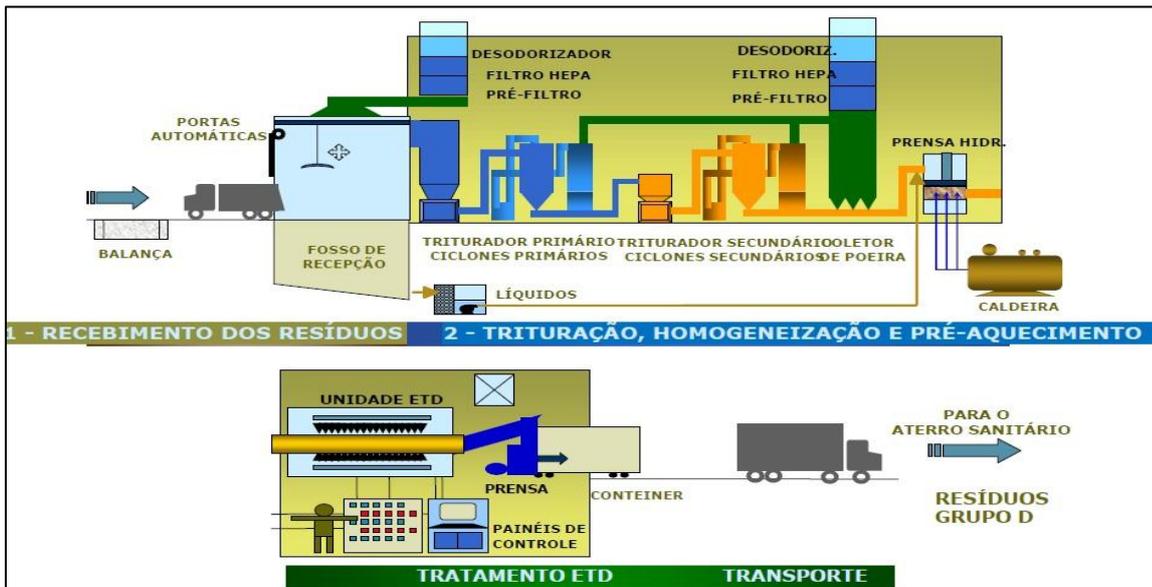
2.5.5 Desativação Eletrotérmica

O processo de tratamento consiste na aplicação de ondas eletromagnéticas de baixa frequência (entre 11 a 13 MHz) na massa de resíduos, podendo atingir a temperatura de até 95 °C (FEAM, 2012a; BETIM, 2016).

Previamente à entrada no equipamento de desativação eletrotérmica, os resíduos passam por trituração, com objetivo de descaracterizar os resíduos e reduzir seu volume em cerca de 80% (BETIM, 2016).

Após trituração, os resíduos são encaminhados para a etapa de tratamento, que consiste na compressão dos resíduos em um tubo, por um período de residência de 15 minutos, submetendo-os a um forte campo eletromagnético, ocasionando aumento da temperatura das moléculas entre 90 e 100°C. Este campo eletromagnético é oscilante e é criado por duas placas de 50000 Volts, conforme Figura 19 (BETIM, 2016). O objetivo é a redução da carga microbiana ao nível III de inativação. O resíduo pós-tratamento é encaminhado a um aterro sanitário.

Figura 19 - Fluxograma do processo de desativação eletrotérmica



Fonte: IWAI, 2009.

Toda a operação é controlada por painel automatizado (Figura 20), onde são monitorados continuamente a pressão interna no tubo, a temperatura dos resíduos, a tensão nas placas responsáveis pela geração do campo magnético, entre outros. O sistema também possui intertravamentos, capazes de interromper o processo caso haja alguma alteração significativa dos parâmetros (BETIM, 2016).

Figura 20 - Controle de operação – Desativação eletrotérmica



Fonte: IWAI, 2009.

Dentre as vantagens do tratamento destaca-se a ausência da geração de efluentes, a redução do volume dos resíduos e o processo contínuo de tratamento. Contudo, existe a possibilidade de alguma parcela da massa de resíduos não ficar exposta aos raios eletromagnéticos, destacando-se como ponto negativo do processo; além disso, o custo operacional do sistema é relativamente elevado (SOUZA, 2011).

2.5.6 Decompositor termomagnético

A técnica consiste na decomposição de resíduos através de força eletromagnética com formação de plasma através de imãs permanentes em altas temperaturas, variando entre 300 a 400 °C (SUPRAM CENTRAL, 2012).

O processo ocorre quando uma pequena quantidade de oxigênio é absorvida pelo plasma, formando íons de oxigênio carregados negativamente. Como este oxigênio ionizado é altamente reativo, ele é capaz de decompor compostos orgânicos por meio da oxidação (FIGURA 21). O tempo médio de cada ciclo é de 2 a 3 horas, trabalhando por batelada (SUPRAM CENTRAL, 2012).

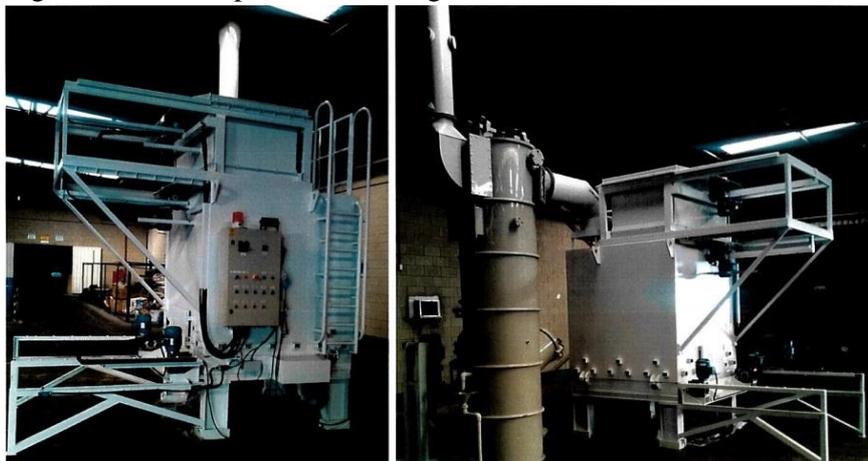
Figura 21 - Fluxograma do processo



Fonte: OXYS, 20--.

O equipamento (Figura 22) não utiliza combustível nem eletricidade para seu funcionamento, necessitando apenas de uma ignição elétrica inicial. Além disso, a técnica permite a redução de 99% da massa dos resíduos, com geração mínima de cinzas e baixas emissões atmosféricas, formadas basicamente de vapor d'água (SUPRAM CENTRAL, 2012).

Figura 22 - Decompositor termomagnético



Fonte: Oxys, 20--.

Além disso, o sistema inibe a formação de dioxinas, pois, devido à indisponibilidade de oxigênio no meio, os anéis aromáticos têm dificuldade de se rearranjar para formar novos compostos. Além disso, o equipamento possui ímãs na entrada da câmara capazes de formar ânions, evitando a produção de anéis de benzeno (SUPRAM CENTRAL, 2012).

2.5.7 Plasma

A tecnologia consiste em submeter os resíduos ao plasma, originando um campo de energia radiante com elevada intensidade e calor, que são incididos diretamente sobre os resíduos. Quando expostos a esta ação, os resíduos se dissociam em compostos mais simples (GASPERI, 2008).

O plasma, também designado como o quarto estado da matéria, é basicamente um gás ionizado carregado de partículas positivas e negativas em igual número. Um gás, quando submetido a temperaturas elevadas, sofre mudanças significativas em suas propriedades. Quando este aquecimento atinge temperaturas da ordem de 2.000 °C suas moléculas iniciam o processo de dissociação, e ao atingir 3.000 °C, devido à perda de parte dos elétrons, os átomos são ionizados. Este gás quando ionizado é denominado plasma (GASPERI, 2008; FEAM, 2010).

O gás no estado de plasma atinge temperaturas bastante elevadas, variando de acordo com as condições de geração entre 5.000 a 50.000 °C. O plasma apresenta boa condutividade elétrica e alta viscosidade, se comparado a um gás não ionizado (FEAM, 2010).

A classificação do plasma pode ser natural, quando originado a partir de corona solar, vento solar, aurora boreal e raios, e plasma de laboratório, sendo classificado em: plasmas físicos, plasmas térmicos e plasmas frios, divididos em altas e baixas temperaturas (FELIPINI, 2005 *apud* GASPERI, 2008).

Os plasmas físicos apresentam alta temperatura (acima de 7.000 K) e são de interesse para a fusão termonuclear. Enquanto os plasmas de baixa temperatura, variam de 3.000 a 7.000 K e se dividem em térmicos, que possuem equilíbrio termodinâmico, ou seja, a temperatura dos

elétrons é igual à temperatura das partículas pesada; e plasmas frios, que não possuem este equilíbrio, apresentando um forte desvio. Desta forma, como a temperatura da partícula pesada no plasma a frio apresenta-se próxima à temperatura ambiente, o plasma recebe esta denominação (ANGELES, 2003).

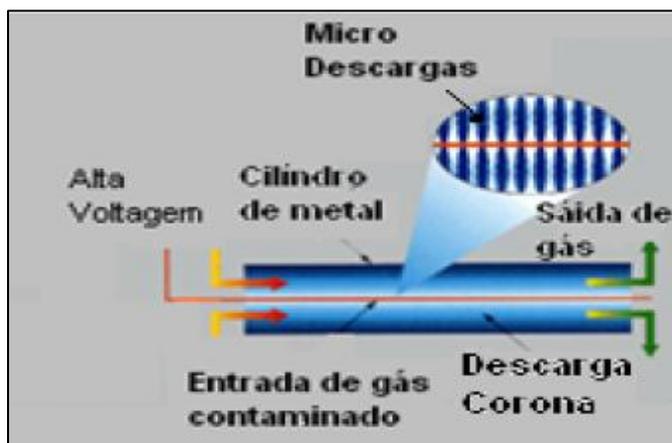
No plasma térmico os gases apresentam-se parcialmente ionizados, quando submetidos a altas temperaturas, variando entre 5.000 a 50.000 K, em pressões próximas à atmosférica. A geração do plasma neste processo ocorre pela formação de um arco elétrico, por meio da passagem de uma corrente entre o ânodo e o cátodo e a injeção de um gás que é ionizado (FELIPINI, 2005 *apud* GASPERI, 2008).

Este plasma é gerado e controlado por uma tocha, que transforma a energia elétrica em calor transportado por um gás. A tocha de plasma pode ser classificada em relação ao tipo de arco em: arco transferido, em que a peça ou material a ser processado atua como ânodo, devido ao fechamento do circuito elétrico entre o cátodo; e arco não transferido, onde o jato não conduz corrente ao exterior (GASPERI, 2008).

Em contrapartida, o plasma a frio, também denominado plasma corona, consiste em um gás ionizado de forma parcial, onde a temperatura dos elétrons é relativamente mais elevada que a dos íons e a das moléculas de gás (GASPERI, 2008).

A Figura 23 apresenta o funcionamento do plasma a frio em um reator, onde a descarga é criada por meio de uma “série de pulsos de alta tensão aplicada a um fio metálico coaxial localizado no interior de um tubo metálico”. Para que ocorra uma alta eficiência energética é necessário que haja uma descarga uniforme (GASPERI, 2008).

Figura 23 - Esquema do processo de plasma a frio



Fonte: GASPERI, 2008.

Neste processo o aumento da temperatura do reator ou do gás processado é pequeno, quando comparado ao plasma térmico. Após geração do gás ionizado, os elétrons colidem com as moléculas de gás criando radicais, que são espécies quimicamente ativas, capazes de reagir com moléculas poluentes presentes no fluxo de gás, dissociando-as em produtos mais simples e menos perigosos (KOUTSOSPYROS *et. al.*, 2004 *apud* GASPERI, 2008).

Como a reação que ocorre no reator é muito forte, o processo deve ser monitorado continuamente, principalmente quanto à confiabilidade do processo, eficiência energética e econômica do plasma, além do tratamento dos gases após processados (ODA, 2003 *apud* GASPERI, 2008).

A utilização do plasma para decomposição térmica de resíduos apresenta vantagens como alta redução do volume dos resíduos, que pode ser superior a 99%; elevadas temperaturas, que viabiliza a pirólise completa e em curto período de tempo de substância orgânica, e permite vitrificar determinados resíduos inorgânicos, tornando-os similares aos minerais de alta dureza; e um volume de gás gerado inicialmente bastante inferior ao gerado na combustão convencional. Contudo, o plasma é uma técnica que demanda um alto investimento, e em relação à produção de dioxinas e furanos, a técnica depende das tecnologias de recuperação térmica utilizadas posteriormente, mas não fica claro sobre a vantagem sobre as tecnologias de incineração nem sobre técnicas simples de gaseificação (FEAM, 2010).

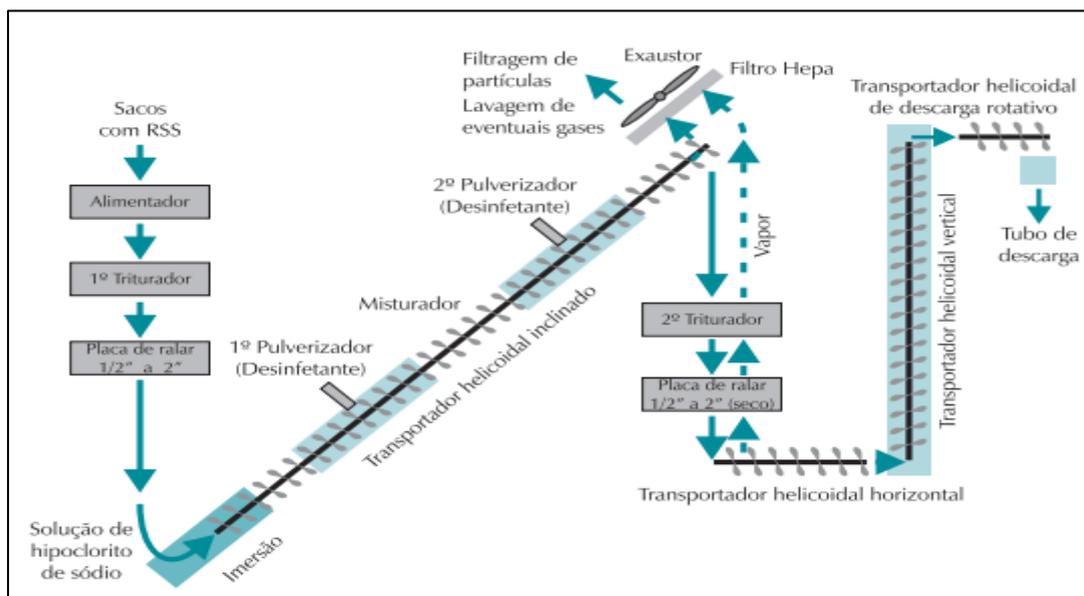
2.5.8 Desinfecção química

A desinfecção química (Figura 24) é um processo que utiliza substâncias químicas para tratamento de resíduos de modo a reduzir sua carga microbiana, através da imersão da massa de resíduos em uma substância desinfetante. O método é frequentemente utilizado para tratamento de resíduos líquidos, resíduos de laboratório microbiológico, fezes, urina e sangue, não sendo recomendado para tratamento de resíduos anatômicos (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2001; WHO, 2014).

De acordo com Ministério da Saúde (2001) e Barros (2012), fatores como grau e tipo de contaminação, concentração e quantidade de substância desinfetante e o tipo de microrganismo a ser inativado devem ser levados em consideração para utilização do processo de desinfecção química, para fins de verificação do desinfetante mais adequado para o tratamento. Já fatores como temperatura, pH, tempo de contato do desinfetante com os resíduos, grau de mistura da substância e presença de outros compostos que podem inibir a ação do agente químico, devem ser devidamente controlados para propiciar a eficiência necessária ao tratamento.

Os tipos de desinfetantes mais utilizados para o tratamento de resíduos são: hipoclorito de sódio; dióxido de cloro e gás formaldeído. Contudo, anterior à imersão dos resíduos no desinfetante, os mesmos devem passar por um processo de trituração, a fim de aumentar sua área de contato com a substância, além de reduzir seu volume e torna-los irreconhecíveis (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2001; WHO, 2014).

Figura 24 - Processo de desinfecção química



Fonte: MONTEIRO, 2000.

Uma das vantagens da utilização do método é o baixo custo, a depender principalmente do tipo e quantidade de desinfetante utilizado, além da viabilidade do tratamento ser realizado na própria fonte de geração. Contudo, como desvantagem destaca-se a resistência de alguns patógenos a determinadas substâncias químicas, como esporos bacterianos e vírus hidrofílicos, além disso, o uso de tais substâncias podem acarretar riscos à saúde, quando não utilizados adequadamente. Outro fator negativo é que a disposição dos desinfetantes na rede de esgoto pode afetar o sistema de tratamento das águas residuárias e intervir na degradação biológica (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2001).

2.5.9 Tratamento de resíduos químicos

De acordo com a Resolução CONAMA nº 358/2005, os RSS do grupo B com características de periculosidade, conforme características constantes na Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos (FISPQ), devem ser submetidos a tratamento específico e disposição final adequada, salvo nos casos em que forem submetidos a processos de reutilização, recuperação ou reciclagem (CONAMA, 2005).

Em casos de resíduos sólidos com tais características e não tratados, sua disposição final deve se dar em aterro para resíduos perigosos – classe I. Enquanto resíduos líquidos não devem ter a mesma destinação, sendo usualmente incinerados (CONAMA, 2005).

Em contrapartida, resíduos que não apresentam características de periculosidade não há necessidade de se realizar tratamento prévio. Neste caso, os resíduos em estado sólido podem ser destinados para aterros sanitários licenciados e os resíduos em estado líquido podem ser lançados no corpo receptor ou na própria rede de esgoto, desde que atenda aos padrões de lançamento estabelecidos pelos órgãos ambientais e pelos órgãos gestores de recursos hídricos (CONAMA, 2005).

O Ministério da Saúde (2002) apresenta alguns critérios para serem seguidos para redução dos riscos associados aos resíduos químicos, sendo eles:

- substituição de produtos químicos perigosos;
- reciclagem da prata do material radiológico;
- substituição de equipamentos clássicos por eletrônicos;
- substituição de produtos químicos por físicos, ex: vapor superaquecido na desinfecção;
- reutilização de materiais de vidro e plástico após desinfecção;
- devolução de tubos de aerossóis ao fabricante para recarga do conteúdo.

2.5.9.1 Gerenciamento de Medicamentos

O Centro de Vigilância Sanitária do Estado de São Paulo (CVS), com colaboração da Divisão de Vigilância Sanitária do Trabalho (DVST), Serviços de Saúde e Produtos (SERSA/DIPET) e do Núcleo de Toxicovigilância (SETOX) aprovou uma norma técnica sobre gerenciamento de resíduos perigosos de medicamentos em serviços de saúde, que também são englobados no grupo B, através da Portaria nº 21, de 10 de setembro de 2008 (SES-SP, 2008).

De acordo com a norma, pessoas físicas e jurídicas envolvidas com prestação de serviços em saúde e com destinação de RSS, bem como aqueles responsáveis pelo fornecimento de informações, fabricação, importação ou distribuição de medicamentos em todo Estado de São Paulo estão sujeitos às exigências apresentadas, incluindo aqueles geradores de resíduos que realizam atividades de assistência de saúde domiciliar, consultórios de diferentes tipos, postos de saúde, farmácias, clínicas, serviços de remoção ou resgate, hospitais e estabelecimentos

veterinários, entre outros, conforme estabelecido na RDC ANVISA nº 306/2004 (SES-SP, 2008).

Para tanto, a referida norma técnica criou o sub-grupo “Resíduos Perigosos de Medicamentos – (RPM)”, como parte do grupo B - resíduos químicos de RSS. Os RPM foram classificados em tipos 1 e 2, conforme especificação apresentada no Quadro 6. Além disso, os princípios ativos que conferem periculosidade aos RSS foram listados no Anexo II da referida norma técnica (SES-SP, 2008).

Quadro 6- Classificação dos RPM

(Continua)

	<ul style="list-style-type: none">- Medicamentos listados no Anexo II da norma técnica, não usados ou parcialmente usados, fora do prazo de validade ou sem condições de uso;- resíduos provenientes de derramamentos de medicamentos, listados no Anexo II da norma técnica, além de materiais de contenção, absorção, remoção e limpeza por eles contaminadas;
Tipo 1	<ul style="list-style-type: none">- filtros HEPA (<i>High Efficiency Particulate Air</i>) de cabines de segurança que se lida com os medicamentos apresentados no Anexo II da norma técnica. Tais filtros permitem captar o contaminante onde é gerado e lança-lo para o meio externo a uma elevada eficiência pós-filtragem;- bolsas de infusão ou equipos, cheias ou parcialmente utilizadas ou outros recipientes não vazios contendo soluções dos medicamentos constantes no Anexo II da norma, acima dos limites estabelecidos no Art. 2.4.4.1, que apresenta as condições para que recipientes sejam considerados vazios.
Tipo 2	<ul style="list-style-type: none">- recipientes vazios, conforme especificação do Art. 2.4.4.1 da norma técnica;- Equipamentos de Proteção Individual (EPI) ou outros dispositivos de proteção provenientes da manipulação dos medicamentos listados no Anexo II da norma e demais atividades de rotina, que não apresentem sinais visíveis de resíduos desses medicamentos, como luvas, vestimentas, máscaras e aventais;- forrações de bancadas, superfícies e cabines de segurança que não tiveram contato direto com os medicamentos listados no Anexo II da norma por meio de derramamentos, borrifos ou outras ocorrências similares e que não apresentem sinal visível do medicamento.

Fonte: SES-SP, 2008 (adaptado).

De acordo com SES-SP (2008), a norma técnica também apresenta condições específicas para segregação, identificação dos riscos, acondicionamento, armazenamento (interno e externo), coleta, tratamento e disposição final.

Quanto ao tratamento e disposição final, de acordo com a referida norma, os RPM do tipo 1 devem ser tratados em incineradores para resíduos perigosos devidamente licenciados. Enquanto os RPM do tipo 2 podem ter a mesma destinação dada aos resíduos do tipo 1 ou serem encaminhados, através de coleta específica, diretamente para disposição final em aterro sanitário licenciado, sem tratamento prévio (SES-SP, 2008).

No entanto, os RPM do tipo 1 e 2 classificados como grupo A, C e/ou E devem ser destinados conforme especificações de cada categoria. É importante ressaltar que tanto os RPM do tipo 1 quanto o tipo 2 não podem ser processados em técnicas de tratamento de RSS por calor sem incineração, como autoclavagem, microondas, EDT, etc. Contudo, a inativação química pode ser utilizada para tratamento dos RPM tipo 1, desde considerada uma tecnologia efetiva para o tratamento e autorizada pelo órgão ambiental competente, assim como outras formas de tratamento para resíduos químicos (SES-SP, 2008).

A Portaria CVS nº 21 também orienta aos estabelecimentos geradores que exijam das unidades de tratamento a Declaração de Responsabilidade pela Destinação de Resíduos (DRDR), que deve estar disponível em casos de fiscalização pelo órgão ambiental ou vigilância sanitária. Além disso, a norma técnica ainda apresenta orientações para o processamento de materiais reutilizáveis contaminados com RPM (SES-SP, 2008).

2.5.9.2.1 Logística reversa de medicamentos

A Lei nº 12.305/2010 foi um marco legal para a discussão dos sistemas de logística reversa para diferentes setores da cadeia produtiva. A referida lei caracteriza a logística reversa como um conjunto de ações e procedimentos capazes de viabilizar a coleta e o retorno dos resíduos ao setor empresarial, para seu aproveitamento, seja em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos ou mesmo através de outra destinação final adequada. Com isso, a logística reversa atua como um instrumento de desenvolvimento econômico e social (BRASIL, 2010).

O sistema de logística reversa baseia-se no princípio da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, o qual destaca a responsabilidade de todos os elos da cadeia

produtiva (fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes) para sua implementação (BRASIL, 2010).

A PNRS obrigou aos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes dos setores de agrotóxicos, seus resíduos e embalagens; pilhas e baterias; pneus; óleos lubrificantes e embalagens; lâmpadas e produtos eletrônicos e seus componentes, a implementar o sistema de logística reversa. Contudo, o parágrafo 1º do Art. 33 esclarece que o sistema de logística reversa também será estendido aos demais produtos e embalagens caso o grau e extensão do impacto ambiental e à saúde pública seja considerado relevante (BRASIL, 2010).

Assim sendo, considerando que a produção de medicamentos pode envolver substâncias tóxicas, fato que pode conferir periculosidade ao resíduo, e que o setor não apresenta sistemas de descarte de produtos em desuso ou vencidos, os medicamentos foram considerados como um dos setores prioritários para a implantação do sistema de logística reversa, visto que seu descarte inadequado pode causar impactos negativos à saúde pública e ao meio ambiente (ABDI, 2013).

O Decreto nº 7.404 de 23 de dezembro de 2010, que regulamenta a Lei nº 12.305/2010, estabelece que o sistema de logística reversa deva ser implementado e operacionalizado por meio de acordos setoriais, que representa um ato de natureza contratual estabelecido entre o Poder Público e os agentes envolvidos pelo ciclo de vida do produto; por regulamentos expedidos pelo Poder Público ou por termos de compromisso (BRASIL, 2010).

Além disso, o referido Decreto criou o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa (CORI). Dentre as competências do CORI destacam-se as atividades de orientação estratégica para implementação do sistema de logística reversa; definição de prioridades e aprovação de cronogramas para lançamento de editais de chamamento; aprovação de estudos de viabilidade técnica e econômica, dentre outras. Para tanto, o comitê é assessorado por grupo técnico composto por representantes do Ministério do Meio Ambiente (MMA), do Ministério da Saúde, do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, do Ministério da Fazenda e do Ministério Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2010).

É importante destacar que, conforme estabelecido pelo Decreto nº 7.404/2010, a implantação do sistema de logística reversa tem início após publicação do edital de chamamento, quando o acordo setorial ocorrer por iniciativa do Poder Público, e após avaliação técnica e econômica da implantação do sistema pelo CORI (GRACIANI; FERREIRA, 2014).

O edital de chamamento dispõe de todas as informações da proposta de Acordo Setorial e apresenta as etapas do ciclo de vida do objeto de logística reversa, além disso, apresenta diretrizes metodológicas para avaliação dos impactos e convoca aos interessados, durante determinado período, à apresentação de sugestões ou propostas para aprimoramento do sistema (GRACIANI; FERREIRA, 2014).

Assim sendo, em março de 2011, o CORI criou o Grupo Técnico Temático (GTT) de medicamentos, coordenado pelo Ministério da Saúde com apoio da ANVISA, com objetivo de construir subsídios para elaboração de Acordo Setorial para implementação da logística reversa de medicamentos, por meio do desenvolvimento de estudos de viabilidade técnica e econômica, e avaliação de possíveis impactos, a fim de orientar tomadas de decisão do CORI (GRACIANI; FERREIRA, 2014).

Em 2013, após 2 anos de discussões, o CORI aprovou o edital de chamamento para elaboração de Acordo Setorial para o setor, fixando um prazo de 120 dias para que os envolvidos apresentassem suas considerações. No edital foram estabelecidas metas progressivas para implantação do sistema de logística reversa em relação à abrangência territorial, pontos de coleta e metas volumétricas (MMA, 2013).

Após prorrogação do prazo para envio das propostas para mais 60 dias, foram entregues sugestões de acordo setorial da indústria, do comércio e do setor farmacêutico. Contudo, conforme o MMA, um dos principais problemas para a implantação do sistema de logística reversa de medicamentos é a falta de um sistema de governança que possibilite o gerenciamento de forma adequada e segura (SINIR, 2016).

Em 2015, o MMA solicitou aos atores envolvidos o envio de uma proposta única de acordo setorial, tendo em vista as divergências apresentadas. Entretanto, devido à complexidade do tema, as negociações ainda estão em andamento, visto que o setor de distribuição encaminhou uma proposta semelhante à anterior, enquanto o setor de comércio solicitou prorrogação do prazo para envio e o setor industrial realizou apenas uma reunião reafirmando as questões iniciais (ASCOFERJ, 2016).

Enquanto não há parecer sobre a implantação do sistema de logística reversa de medicamentos, em dezembro de 2015 a ABNT colocou em consulta pública em âmbito nacional a NBR 16457 – Logística reversa de medicamentos descartados pelo consumidor – procedimento criado pela Comissão de Estudo Especial de Resíduos de Serviços de Saúde da ABNT (ABNT/CEE-129) (ABES, 2015).

A referida norma visa estabelecer critérios para prevenção aos riscos associados ao descarte de medicamentos pelo consumidor, trazendo requisitos aplicáveis às atividades de logística reversa. É importante destacar que a norma serve apenas como uma orientação, apresentando conceitos e sistemáticas de recolhimento, todavia, é imprescindível a assinatura do acordo setorial para a implantação do sistema de logística reversa para o setor (ASCOFERJ, 2016).

2.5.9.2 Recuperação de metais de chapas de raio-X

A radiografia é uma ferramenta amplamente utilizada em diagnósticos na área da saúde e consiste em um filme que possui uma imagem processada de determinada região anatômica do paciente, sendo produzida pela ação de raio-X no filme (BAMPI *et al.*, 2013).

O filme radiológico é constituído por plástico transparente (Poli-Tereftalato de Etileno – PET) e acetato de celulose, que atua como suporte para a emulsão, que compõe a principal parte do filme por receber a imagem, consistindo em uma mistura homogênea de gelatina e sais de prata (SILVA, 2006).

Os raios-X são produzidos quando elétrons, a altíssimas velocidades, atingem a prata e têm sua energia cinética transformada em energia eletromagnética. A revelação dos raios-x ocorre

através de reações químicas e interações físicas, como o tempo, concentração e temperatura, e constitui em uma significativa fonte de prata (BAMPI *et al.*, 2013).

Contudo, durante o processamento radiológico há geração de efluentes, como reveladores, fixadores e água de lavagem de filmes radiológicos, que podem representar riscos ambientais, quando descartados de forma inadequada. Tais efluentes são classificados, pela Resolução CONAMA nº 358/2005, como grupo B, por apresentarem substâncias químicas que podem apresentar riscos à qualidade ambiental e à saúde pública (BAMPI *et al.*, 2013).

De acordo com a RDC Anvisa nº 306/2004, os reveladores utilizados em radiografia podem ser neutralizados até alcançarem pH entre 7 e 9, para posterior lançamento na rede coletora ou no corpo receptor, desde que atendam as exigências estabelecidas pelos órgãos ambientais. Além disso, os fixadores também utilizados em radiologia podem ser submetidos a processos de recuperação da prata ou serem encaminhados a aterro para resíduos perigosos (ANVISA, 2004).

A prata, por ser um elemento natural, é amplamente empregada na indústria de fotografia e imagem. Contudo, por ser considerada um metal pesado seu descarte deve ocorrer de forma adequada, visto que a prata possui um efeito cumulativo no organismo, podendo causar problemas renais, neurológicos e motores, quando descartada de forma inadequada no ambiente (BAMPI *et al.*, 2013).

O filme radiológico é um material passível de reciclagem, desta forma a prata também é reaproveitada. Existem vários métodos de recuperação da prata, dentre eles destacam-se as técnicas baseadas em eletrólise, as de deslocamento metálico ou cementação e as que empregam precipitação química (RIBEIRO, 2005).

O processo de eletrólise consiste na passagem de um fluxo de corrente contínua entre um polo positivo e outro negativo que se encontram suspensos na solução, ocorrendo desta forma a extração da prata, através de sua deposição sobre o polo negativo. Este processo deve ser monitorado de forma contínua, a fim de evitar a formação de sulfeto de prata no polo

negativo, visto que a co-disposição deste sal diminui a pureza do material (SOBRAL; GRANATO, 1984).

Enquanto a técnica de cementação baseia-se na redução da prata de sua forma complexa para sua forma metálica. A troca metálica consiste no contato de um metal ativo, sendo mais empregado o ferro, sob forma de lâ de aço, com uma solução contendo íons dissolvidos de outro metal menos reativo, como a prata. O período deste contato deve ser relativamente extenso para que a redução ocorra de forma adequada e para que a solução apresente pH baixo, a fim de estimular a dissolução do ferro. Entretanto, devido à presença de ferro, o produto precisa ser fundido, para que se obtenha um elevado grau de pureza (SILVA, 2006).

Outra forma de recuperação da prata é a precipitação química, que pode ocorrer através de diversos compostos a partir de soluções fixadoras exauridas. O método mais comumente empregado como agente precipitante é a solução saturada de sulfeto de sódio (Na_2S) em excesso, com isso a baixa solubilidade do sulfeto de prata possibilita sua precipitação. O precipitado precisa passar por uma etapa de calcinação, de modo a eliminar o enxofre e produzir a prata metálica (SILVA, 2006).

No Quadro 7 é apresentado as vantagens e desvantagens dos métodos de recuperação da prata.

Quadro 7- Vantagens e desvantagens dos métodos de recuperação da prata

Método	Vantagem	Desvantagem
Cementação	Baixo investimento e baixo custo operacional; recuperação da prata acima de 95%	Efluente apresenta alto teor de ferro; Prata recuperada em forma de lodo; Tempo de execução prolongado
Eletrólise	Alta recuperação da prata em forma de metal puro (95%); fixador reutilizável; técnica econômica em grande escala	Possibilidade de formação de sulfito; investimento inicial elevado e tempo de execução prolongado
Precipitação	Baixo investimento e obtenção de até 0,1 mg de prata por litro	Operação complexa; Prata recuperada em forma de lodo; Solução tratada não pode ser reutilizada; Técnica não adequada para grande escala

Fonte: GOSHIMA *et al.*, 1994 *apud* KURPIEL, 2008; SILVA, 2006.

2.6 Comparação das tecnologias de tratamento de RSS

No Quadro 8 são apresentadas as vantagens e desvantagens das principais tecnologias de tratamento de resíduos de serviços de saúde.

Tecnologia de tratamento	Vantagem	Desvantagem
Autoclavagem	<ul style="list-style-type: none"> - tratamento pode ser realizado no próprio gerador; - técnica não produz resíduos tóxicos e/ou contaminantes; - resíduos pós-descontaminação podem ser considerados resíduos comuns; - equipamento similar a outros utilizados normalmente em estabelecimentos de saúde. 	<ul style="list-style-type: none"> - baixa eficácia para esterilização de resíduos com densidades elevadas; - exigência de embalagens especiais que permitem a passagem de vapor e não sofram alterações; - custos adicionais com a disposição final dos resíduos em aterros sanitários e tratamento dos efluentes.
Incineração	<ul style="list-style-type: none"> - redução considerável do volume dos resíduos (80 a 95%); - descaracterização completa dos resíduos; - inexistência de efluentes líquidos; - pode-se recuperar a energia dos resíduos. 	<ul style="list-style-type: none"> - custo elevado de implantação, manutenção e controle ambiental; - necessita de constante manutenção; - demanda a implantação de sistemas de controle de emissões atmosféricas eficientes; - manutenção e operação exige mão-de-obra especializada;
Microondas	<ul style="list-style-type: none"> - redução do volume entre 60 a 90%; - elevado grau de redução da carga microbiana; - alimentação dos resíduos no equipamento de forma automática, evitando a interferência humana; 	<ul style="list-style-type: none"> - não apropriado para tratamento de grandes volumes de resíduos (acima de 800 kg/d); - não recomendado para tratamento de peças anatômicas; - elevado custo de implantação; - operação com normas de segurança com pessoal especializado

(Conclusão)

Tecnologia de tratamento	Vantagem	Desvantagem
Desativação eletrotérmica	<ul style="list-style-type: none">- ausência de efluentes;- redução de volume dos resíduos;- apropriado para grandes escalas;- constitui-se um processo contínuo.	<ul style="list-style-type: none">- elevado custo de operação e manutenção;- eficiência de tratamento depende da adequação da planta para que toda a massa de resíduos seja exposta aos raios eletromagnéticos.
Desinfecção química	<ul style="list-style-type: none">- baixo custo de manutenção e operação;- eficiência adequada no tratamento.	<ul style="list-style-type: none">- necessidade de neutralização do efluente
Pirólise	<ul style="list-style-type: none">- redução do volume dos resíduos;- possibilidade de utilização de combustível auxiliar de baixo custo;- menor emissão de poluentes, se comparado à incineração.	<ul style="list-style-type: none">- tecnologia não consolidada em escala comercial;- custo de manutenção e operacional relativamente alto;- processo mais lento, comparado à incineração, com maior consumo de combustível auxiliar.
Plasma	<ul style="list-style-type: none">- temperaturas elevadas permitem a vitrificação dos resíduos;- elevada redução do volume dos resíduos;- o material resultante (pedras vitrificadas) pode ser utilizado na construção civil;- permite a recuperação de metais.	<ul style="list-style-type: none">- requer alto investimento inicial;- baixa disponibilidade de fabricantes no mercado;- grau de emissões atmosféricas elevado, o que requer sistema de tratamento dos gases.

Fonte: MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2001; MATTIOLI; SILVA, 2002; FEAM, 2010; MAVROPOULUS, 2010; FEAM, 2012b (adaptado).

2.7 Disposição final de RSS

De acordo com a Resolução CONAMA nº 358/2005, disposição final de RSS consiste em dispor estes resíduos em solo tecnicamente preparados para recebê-los, seguindo critérios operacionais e exigências dos órgãos ambientais competentes. As formas de disposição final utilizadas atualmente são classificadas em: aterro sanitário, aterro para resíduos perigosos - classe I e células de resíduos de serviços de saúde (CONAMA, 2005; ANVISA, 2006).

Todas as formas de disposição final mencionadas são passíveis de licenciamento ambiental, conforme estabelecido na Resolução CONAMA nº 237/1997, que regulamenta os aspectos de licenciamento ambiental estabelecidos na Política Nacional de Meio Ambiente, devendo obedecer a critérios para elaboração do projeto, construção, operação e monitoramento da técnica (ANVISA, 2006).

2.7.1 Aterro sanitário

O aterro sanitário é uma técnica de disposição dos resíduos no solo que ocorre de forma controlada e segura, o qual segue critérios adequados de engenharia e técnicas operacionais específicas, a fim de minimizar a poluição do ar, do solo e das águas subterrâneas e superficiais, além de possíveis riscos geotécnicos e de explosão (ANVISA, 2006; FEAM, 2016).

A técnica consiste basicamente em compactar os resíduos em camadas, sobre solo impermeabilizado, e recobri-los com uma camada de terra, compactada a uma espessura de 20 cm, a fim de evitar a proliferação de insetos; espalhamento de papéis e outros materiais; e poluição das águas superficiais e subterrâneas (ANVISA, 2006).

Dentre os critérios técnicos estruturais e construtivos a serem seguidos pelos aterros sanitários, destaca-se: sistema de impermeabilização de base e laterais; sistema de cobertura; sistema de coleta e drenagem de líquidos lixiviados; sistema de coleta e tratamentos dos gases; sistema de drenagem superficial de águas pluviais; sistema de tratamento de líquidos lixiviados; e sistema de monitoramento, de acordo com Figura 25 (FEAM, 2016).

Figura 25 - Aterro sanitário



Fonte: FEAM, 2008.

2.7.2 Células de resíduos de serviços de saúde

A Resolução CONAMA nº 358/2005 fixou um critério excepcional e motivado tecnicamente para que municípios com menos de 30.000 habitantes sem aterro sanitário licenciado disponham os RSS em solo. Para tanto, a referida resolução apresentou os critérios mínimos que devem ser observados para disposição final de RSS em solo, conforme Quadro 9.

Quadro 9- Critérios mínimos para disposição final de RSS

Quanto à seleção da área	<ul style="list-style-type: none">- não possuir restrições quanto ao zoneamento ambiental;- respeitar distâncias mínimas de ecossistemas frágeis, recursos hídricos superficiais e subterrâneos, conforme estabelecidos pelos órgãos ambientais.
Quanto à segurança e sinalização	<ul style="list-style-type: none">- sistema de controle, evitando acesso de pessoas não autorizadas, animais e veículos, sob vigilância contínua;- sinalização de advertência com informes quanto aos perigos envolvidos.
Quanto aos aspectos técnicos	<ul style="list-style-type: none">- sistemas de drenagem de águas pluviais;- coleta e disposição adequada dos percolados;- coleta de gases;- impermeabilização de base e taludes;- monitoramento ambiental.
Quanto ao processo de disposição final de RSS	<ul style="list-style-type: none">- disposição dos resíduos diretamente sobre o fundo do local;- acomodação dos resíduos sem compactação direta;- cobertura diária com solo, admitindo-se disposição em camadas, e cobertura final;- plano de encerramento.

Fonte: CONAMA, 2005 (adaptado).

É importante destacar que a implementação da célula de disposição final de RSS (Figura 26) deve ser feita por meio de um Termo de Ajustamento de Conduta (TAC), firmado entre o município e o órgão ambiental competente, constando um cronograma específico das etapas de implantação e com prazo máximo de três anos (CONAMA, 2005).

Figura 26 - Célula de disposição final de RSS



Fonte: FEAM, 2012a; Gerência de Resíduos Especiais/FEAM, 2016.

2.7.3 Aterro para resíduos perigosos – classe I

É uma técnica de disposição dos resíduos em solo, que utiliza critérios de engenharia para o confinamento dos resíduos, tais como: sistema de impermeabilização de base e laterais; sistema de detecção de vazamento de líquidos lixiviados; sistema de drenagem para coleta e remoção de lixiviados; sistema de tratamento de líquidos lixiviados; sistema de monitoramento de águas subterrâneas; plano rotineiro de amostragem e análise dos resíduos. O objetivo da implementação de tais critérios é de evitar danos e riscos à saúde pública e minimizar os impactos ambientais decorrentes da atividade, conforme Figura 27 (FEAM, 2016).

Figura 27 - Aterro classe I – resíduos perigosos



Fonte: ESSENCIS, 2016.

2.8 Destinação final de RSS segundo as legislações vigentes

Quadro 10 - Destinação final de RSS segundo RDC ANVISA nº 306/2004; Resolução CONAMA nº 358/2005 e DN nº 171/2011 (Continua)

Classificação dos RSS	Legislação	Destinação final dos RSS
A1	RDC ANVISA nº 306/2004 e Resolução CONAMA nº 358/2005	Devem ser submetidos a tratamento, utilizando-se processo físico ou outros processos que viere m a ser validados para obtenção de redução ou eliminação da carga microbiana, em equipamento compatível com Nível III de Inativação Microbiana
	Deliberação Normativa nº 171/2011	Podem ser encaminhados, após tratamento prévio, para células de disposição especial localizadas em Usinas de Triagem e Compostagem (UTC) ou para aterros sanitários, desde que respeite aos critérios técnicos e operacionais especificados pela DN
A2	RDC ANVISA nº 306/2004 e Resolução CONAMA nº 358/2005	Devem ser submetidos a tratamento, utilizando-se processo físico ou outros processos que viere m a ser validados para obtenção de redução ou eliminação da carga microbiana, em equipamento compatível com Nível III de Inativação Microbiana e, em seguida, podem ser encaminhados para aterro sanitário ou sepultamento em cemitério
	Deliberação Normativa nº 171/2011	Podem ser encaminhados, após tratamento prévio, para células de disposição especial localizadas em UTC ou para aterros sanitários, desde que respeite aos critérios técnicos e operacionais especificados pela DN
A3	RDC ANVISA nº 306/2004 e Resolução CONAMA nº 358/2005	Devem ser encaminhados para sepultamento em cemitério ou para tratamento térmico por incineração, em equipamentos licenciados, caso não seja requisitado pelos familiares e/ou não tenha mais valor científico ou legal
	Deliberação Normativa nº 171/2011	Não especificado

	RDC ANVISA n° 306/2004 e Resolução CONAMA n° 358/2005	Podem ser encaminhados sem tratamento prévio para local devidamente licenciado para a disposição final de resíduos dos serviços de saúde.
A4	Deliberação Normativa n° 171/2011	Podem ser encaminhados para células de disposição especial localizadas em UTC ou para aterros sanitários, desde que respeite aos critérios técnicos e operacionais especificados pela DN
<hr/>		
A	RDC ANVISA n° 306/2004	Devem ser encaminhados sempre para sistemas de incineração, conforme RDC ANVISA n° 302/2002
A5	Resolução CONAMA n° 358/2005	Devem ser submetidos a tratamento específico orientado pela ANVISA
	Deliberação Normativa n° 171/2011	Não especificado
<hr/>		
B	RDC ANVISA n° 306/2004 e Resolução CONAMA n° 358/2005	Os resíduos do grupo B com características de periculosidade, quando não forem submetidos a processo de reutilização, recuperação ou reciclagem, devem ser submetidos a tratamento e disposição final específicos. Resíduos, no estado sólido, quando não tratados devem ser dispostos em aterro classe I, enquanto que para os líquidos é vedado esta destinação.
		Os resíduos do grupo B sem características de periculosidade não necessitam de tratamento prévio, podendo ser dispostos em aterro licenciado, quando no estado sólido. No estado líquido podem ser lançados em corpo receptor ou na rede pública de esgoto, desde que atendam as diretrizes estabelecidas pelas legislações específicas
	Deliberação Normativa n° 171/2011	Podem ser encaminhados para células de disposição especial localizadas em UTC ou para aterros sanitários, resíduos do grupo B sem características de periculosidade, desde que respeite aos critérios técnicos e operacionais especificados pela DN

C	RDC ANVISA nº 306/2004 e Resolução CONAMA nº 358/2005	Devem obedecer às exigências definidas pela CNEN, não podendo ser considerados resíduos comuns até que seja decorrido o tempo de decaimento necessário ao atingimento do limite de eliminação
	Norma CNEN – NN 8.01	Rejeitos radioativos de meia-vida muito curta (inferior a 100 dias) devem ser armazenados até que ocorra o tempo de decaimento necessário ao atingimento do limite de eliminação, além de atender aos requisitos estabelecidos pela norma, para dispensa na rede de esgotamento sanitário ou no sistema de coleta urbano. Enquanto os rejeitos radioativos que possuem meia-vida curta e longa (superior a 100 dias e demais características específicas, conforme norma) cabe ao CNEN recolhe-los e armazená-los em depósitos intermediários existentes em suas unidades técnico-científicas
	Deliberação Normativa nº 171/2011	Não especificado
D	RDC ANVISA nº 306/2004 e Resolução CONAMA nº 358/2005	Devem ser encaminhados para aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos, devidamente licenciado, quando não forem passíveis de processo de reutilização, recuperação ou reciclagem
	Deliberação Normativa nº 171/2011	Não especificado
E	RDC ANVISA nº 306/2004 e Resolução CONAMA nº 358/2005	Devem ter tratamento específico de acordo com a contaminação química, biológica ou radiológica.
	Deliberação Normativa nº 171/2011	Podem ser encaminhados para células de disposição especial localizadas em UTC ou para aterros sanitários, resíduos do grupo E após tratamento prévio, desde que respeite aos critérios técnicos e operacionais especificados pela DN

Fonte: RDC ANVISA nº 304/2004; Resolução CONAMA nº 358/2005 e Deliberação Normativa nº 171/2011 (adaptado).

2.9 Normas aplicadas aos RSS

A seguir serão listadas as principais normas da ABNT relativas ao gerenciamento de resíduos de serviços de saúde.

Quadro 11 - Principais normas referentes aos RSS

(Continua)

Norma	Ano de publicação	Estabelece
NBR 7.500	2013	Identificação para o transporte terrestre, manuseio, movimentação e armazenamento de produto
NBR 7.501	2011	Terminologia de transporte de produtos perigosos
NBR 7.503	2016	Transporte terrestre de produtos perigosos - Ficha de emergência e envelope para o transporte - Características, dimensões e preenchimento
NBR 9.191	2008	Sacos plásticos para acondicionamento – requisitos e métodos de ensaio
NBR 10.004	2004	Resíduos sólidos – Classificação
NBR 10.005	2004	Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos
NBR 10.006	2004	Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos
NBR 10.007	2004	Amostragem de resíduos sólidos
NBR 12.235	1992	Armazenamento de resíduos sólidos perigosos
NBR 12.807	2013	Terminologia dos resíduos de serviços de saúde
NBR 12.808	2016	Resíduos de serviços de saúde - classificação
NBR 12.809	2013	Gerenciamento intraestabelecimento de resíduos de serviços de saúde
NBR 12.810	2016	Gerenciamento extraestabelecimento de resíduos de serviços de saúde - Requisitos

NBR 13.463	1995	Coleta de resíduos sólidos – Classificação
NBR 13.853	1997	Coletores para os resíduos de serviços de saúde perfurocortantes ou cortantes
NBR 14.652	2013	Coletor-transportador rodoviário de resíduos de serviços de saúde – Requisitos de construção e inspeção
NBR 14.725	2012	Ficha de informações de segurança de produtos químicos – FISPQ
NBR 16.457	2016	Logística reversa de medicamentos de uso humano vencidos e/ou em desuso - procedimento

Fonte: ABNT, 2016.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

O objetivo do estudo é realizar um diagnóstico da destinação de resíduos de serviços de saúde baseado nas Declarações anuais de resíduos de serviços de saúde destinados às Unidades de Tratamento e Disposição Final, referentes aos anos base de 2014 e 2015, enviadas a Feam pelos empreendimentos que realizam destinação de RSS, bem como em visitas técnicas a tais unidades, de forma a subsidiar o conhecimento da realidade atual do gerenciamento dos RSS no estado de Minas Gerais, a divulgação de dados técnicos oficiais à sociedade, ressaltando os principais desafios e eventuais oportunidades para a adequação do setor de destinação dos RSS.

3.2 Objetivos específicos

- Identificação das tecnologias de destinação final empregadas aos RSS no estado de Minas Gerais;
- Quantificação dos resíduos de serviços de saúde enviados para tratamento e disposição final em 2014 e 2015, por município do estado de Minas Gerais;
- Quantificação dos resíduos de serviços de saúde de cada grupo (A, B, E) declarados, visando estimar a quantidade e percentual médio de geração de cada grupo de RSS, segundo classificação da Resolução CONAMA 358 e RDC 306 da ANVISA, em Minas Gerais;
- Obtenção de dados sobre o tratamento e disposição dos efluentes e resíduos provenientes das tecnologias de destinação utilizadas;
- Desenvolvimento de uma metodologia específica para se apurar os dados relativos à gestão dos RSS por parte dos municípios do Estado;
- Produção e apresentação de mapas da destinação dos RSS no estado de Minas Gerais.

4 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do projeto foram utilizados dados primários, por meio do levantamento de informações junto aos municípios; visitas técnicas, e análise dos dados apresentados nas Declarações Anuais de Resíduos de Serviços de Saúde pelos empreendimentos privados e públicos. Também foram utilizados dados secundários, por meio de levantamentos quali-quantitativos disponíveis na literatura e em panoramas referentes à RSS. A seguir será apresentada cada etapa de desenvolvimento do projeto.

4.1 Levantamento de dados secundários quali-quantitativos referente aos resíduos de serviços de saúde gerados em Minas Gerais

A partir da base de dados disponibilizada pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), que fornece informações sobre o manejo de resíduos, prestação de serviços de água e esgoto, foram levantados dados relativos à coleta e unidades de processamento de RSS no Estado de Minas Gerais, a partir de consultas personalizadas relativas a critérios de fluxo de resíduos e unidades de processamento, que são instalações em que os resíduos são submetidos a alguma modalidade de processamento, como aterro sanitário, incineradores, vala específica para RSS, autoclaves, tratamento por microondas, entre outros.

Outro levantamento realizado foi a quantificação do número de estabelecimentos de saúde existentes no Estado. Para tanto, foram consultados os dados disponíveis no Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde (CNES), que se refere ao cadastramento obrigatório para o funcionamento de todo e qualquer estabelecimento, independente da natureza jurídica ou da integração com o sistema único de saúde. Instituído pelo Ministério da Saúde através da Portaria nº 1.646, de 2 de outubro de 2015, o CNES é constituído por documento público e sistema de informação online, tendo como finalidade a atualização da base de dados sobre os estabelecimentos que prestam serviços de assistência à saúde e suas dimensões, como recursos financeiros, número de colaboradores e tipos de serviços prestados, além de fornecer à sociedade informações sobre a disponibilidade de tais serviços em todo o país. O

cadastro ocorre por meio eletrônico, com periodicidade mensal ou ainda após a unidade sofrer qualquer tipo de modificação (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2015).

A fim de proporcionar uma análise do número de estabelecimentos de saúde por regiões do Estado, foram considerados os municípios dos estabelecimentos cadastrados no CNES conforme a divisão do Estado por SUPRAMs. Ressalta-se que em todo o território de Minas Gerais existem 9 SUPRAMs localizadas estrategicamente por regiões, que tem como responsabilidade o controle e fiscalização de atividades poluidoras e/ou degradadoras do meio ambiente.

Também foram consultados dados sobre os tipos de tratamento de RSS mais empregados no país, bem como a capacidade instalada para esses tratamentos no Estado de Minas Gerais e a massa de RSS coletada *per capita* no estado, através do panorama lançado pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), relativo à gestão dos resíduos sólidos urbanos, dos resíduos de serviços de saúde e da reciclagem no país no ano de 2014 e 2015.

4.2 Atualização da listagem de empreendimentos que realizam destinação final de resíduos de serviços de saúde

Inicialmente foram listadas as atividades regularizadas para transferência e destinação final de resíduos de serviços de saúde no estado, considerando os códigos constantes na DN nº 74/2004, conforme Quadro 12.

Quadro 12 - Principais atividades relacionadas à transferência e destinação final de resíduos sólidos

Código DN nº 74/2004	Descrição da atividade
E-03-08-5	Tratamento e disposição final de resíduos de serviços de saúde (Grupo A - infectantes ou biológicos), exceto incineração
F-05-13-4	Incineração de resíduos
F-05-11-8	Aterro para resíduos perigosos - classe I, de origem industrial
E-03-08-6	Unidade de Transferência de Resíduos de Serviços de Saúde
F-05-15-0	Outras formas de tratamento ou de disposição de resíduos não listadas ou não classificadas, referentes às estações de transferência de RSS

Fonte: COPAM, 2004.

Em seguida, foram consultadas no Sistema Integrado de Informação Ambiental (SIAM) do SISEMA todas as informações referentes aos empreendimentos que realizam essas atividades, constantes em documentos e dados técnicos, tais como: o objeto do licenciamento ambiental; tipo de atividade; classe do empreendimento; tipo de licença ambiental e sua situação (concedida, prorrogada, cancelada, indeferida, revalidada, em análise técnica, entre outros), bem como sua data de emissão e validade; número do processo de regularização ambiental; capacidade instalada e situação quanto a ocorrências de infrações ambientais. Todas as informações foram tabuladas em um banco de dados, a fim de se obter um universo de empreendimentos que realizam atividades de destinação final de RSS, bem como sua situação quanto à regularização ambiental, para posterior envio de ofícios solicitando o preenchimento da Declaração Anual de Resíduos de Serviços de Saúde.

4.3 Levantamento de informações junto às prefeituras sobre a destinação final de RSS

A documentação que consta no SIAM referente à regularização ambiental dos aterros sanitários e UTCs não permite, em grande parte dos casos, verificar se essas unidades recebem RSS. Como grande parte das prefeituras não encaminhou a Declaração Anual da Gestão de RSS nos últimos anos, o universo total desses empreendimentos municipais que recebem RSS era desconhecido.

Desta forma, foram listados através do SIAM, todos os empreendimentos municipais com regularização ambiental para atividades de tratamento e/ou disposição final de resíduos sólidos urbanos e tratamento e/ou disposição final de resíduos de serviços de saúde (Grupo A – infectantes ou biológicos), exceto incineração, enquadradas nos códigos de atividade constantes na DN nº 74/2004, E-03-07-7 e E-03-08-5, respectivamente.

Ressalta-se que também foram considerados aqueles empreendimentos municipais com a licença ambiental vencida, a fim de se verificar qual a forma de destinação dos RSS nesta situação. Posteriormente, todas as informações referentes a estes empreendimentos foram

consultadas no SIAM, como o tipo de licença ambiental, sua data de emissão e validade, bem como sua situação no período consultado, de modo a subsidiar análises posteriores.

Em seguida, foram encaminhados ofícios a todos os empreendimentos levantados, solicitando informações sobre a destinação final de resíduos de serviços de saúde em empreendimento municipal de destinação final de resíduos sólidos e sobre a terceirização dos serviços de coleta e destinação final de RSS. O modelo de ofício enviado aos municípios, com o detalhamento das informações e documentos solicitados, é apresentado no ANEXO A.

A partir do retorno das informações por parte das prefeituras, todas as respostas foram analisadas, consolidadas em um banco de dados e, em caso de pendências, foram encaminhados e-mails solicitando esclarecimentos. Desta forma, através do levantamento, foi possível verificar em quais aterros sanitários e UTCs municipais do Estado de Minas Gerais é realizada a destinação final de RSS, complementando os dados do SIAM quanto aos empreendimentos que realizam tratamento e disposição final de RSS e que são objeto do artigo 16 da DN nº 171/2011. Além disso, informações prestadas sobre os grupos de RSS destinados para as unidades municipais e grupos de RSS encaminhados para empresa privada de tratamento ou disposição, foram analisadas e consolidadas, constituindo fonte de dados para a elaboração de mapas pelo Núcleo de Geoprocessamento da FEAM (NUGEO).

4.4 Elaboração de questionário específico para levantamento de informações sobre a gestão municipal de RSS

Diante da necessidade da elaboração de um diagnóstico mais completo sobre a gestão e gerenciamento de RSS e como complemento às informações obtidas através do Ofício Circular GESPE/FEAM/SISEMA nº 002/2015, foi desenvolvido um questionário (ANEXO B) com o intuito de se obter informações específicas sobre a gestão de RSS nos 853 municípios de Minas Gerais – tais como estimativa de geração de RSS; percentual de coleta de RSS em relação aos demais resíduos; detalhes sobre as unidades geradoras de RSS; a terceirização da destinação; cobrança e destinação; participação em consórcios; atuação da vigilância sanitária municipal, entre outras questões.

Para tanto, como continuidade do projeto em questão, as melhores formas de aplicação do questionário serão avaliadas (meio físico, *Google Forms*, entre outros) e até fevereiro de 2017 todos os municípios mineiros serão notificados sobre a necessidade do preenchimento do questionário, sendo os resultados analisados e consolidados integrantes do relatório final de bolsa a ser entregue em 2017.

4.5 Elaboração de check-lists para unidades de incineração, autoclavagem e UTRSS

Com o intuito de facilitar a avaliação das instalações, equipamentos e operação dos empreendimentos que realizam a destinação final dos RSS, no momento da realização de visitas técnicas/fiscalizações, foram desenvolvidos check-lists, baseados nas legislações e normas relativas ao tema, além de experiências de visitas técnicas realizadas no âmbito do projeto e na literatura.

No check-list para as unidades de incineração (ANEXO C) foram destacadas questões como percentual médio de RSS recebido na unidade; forma de alimentação do forno; condições de armazenamento dos resíduos; questões referentes à operacionalização e manutenção do incinerador, além de questões relativas ao controle de emissões e destinação final de resíduos e efluentes gerados no processo, dentre outros.

No check-list para as unidades de autoclavagem (ANEXO D) foram consideradas, além de questões comuns abrangidas no check-list para incineradores, questões mais específicas do processo, tais como: forma de geração do vapor de alimentação da autoclave; temperatura e pressão de operação; questões relativas à trituração dos resíduos; duração do ciclo operacional; métodos utilizados para validação da eficiência do tratamento, dentre outras.

Em relação às unidades de transferência de RSS (ANEXO E) foram abrangidas questões mais específicas sobre as condições de armazenamento dos resíduos, principalmente quanto às dimensões da área; facilidade de acesso de operação; impermeabilização do piso; garantia de estanqueidade; identificação dos recipientes de armazenamento, entre outros. O principal instrumento normativo que orientou a elaboração deste check-list foi a DN nº 171/2011, não tendo sido identificadas outras legislações que tratam do tema com detalhamento.

4.6 Notificação quanto à obrigatoriedade de envio da Declaração Anual da Gestão de RSS dos empreendimentos que realizam destinação final de RSS

A partir do levantamento dos empreendimentos privados que realizavam atividades de tratamento e destinação final de RSS, e que apresentavam regularização ambiental válida, foram encaminhados ofícios notificando sobre a obrigatoriedade de envio da declaração anual da gestão de RSS e apresentando orientações sobre o adequado preenchimento do formulário.

Quanto aos empreendimentos públicos, a partir das respostas ao ofício encaminhadas pelos municípios foi possível realizar a notificação, também por meio do envio de ofícios, quanto à obrigatoriedade de envio da Declaração anual da gestão de RSS de grande parte dos empreendimentos cuja atividade era a destinação final de RSS. Ressalta-se que os ofícios também foram encaminhados àqueles municípios que não responderam ao ofício circular e que apresentavam regularização ambiental válida ou que apresentaram alguma pendência que não foi sanada através das solicitações encaminhadas por e-mail.

4.7 Consolidação e análise dos dados das Declarações anuais de resíduos de serviços de saúde destinados às Unidades de Tratamento e Disposição Final – anos base 2014 e 2015

Inicialmente foi realizada uma análise das Declarações da Gestão de Resíduos de Serviços de Saúde enviadas à Gerência de Resíduos Especiais da Feam por empreendimentos públicos e privados regularizados ambientalmente que exerciam nos anos-base 2014 e 2015, atividades de tratamento e disposição final de RSS. O objetivo da análise foi verificar a coerência dos dados informados e identificar possíveis erros no preenchimento dos formulários, a fim de solicitar esclarecimentos e correções das informações prestadas.

Em seguida, após retorno das pendências, as informações mais relevantes foram consolidadas em um banco de dados, a fim de subsidiar as análises qualitativas e quantitativas, bem como o cálculo de percentuais e demais fatores que retratassem a destinação dos RSS no estado. Os dados populacionais foram baseados na estimativa do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para os municípios nos anos de 2014 e 2015.

Além disso, foram consultados documentos e dados técnicos disponíveis no SIAM, a fim de confirmar e complementar as informações relativas aos empreendimentos que enviaram as referidas declarações à FEAM.

A partir das informações levantadas, foi realizada a classificação dos municípios com relação à forma de destinação dos RSS produzidos em seus respectivos territórios, bem como a classificação dos empreendimentos de tratamento e disposição de resíduos que recebem RSS, conforme o tipo de destinação utilizada na unidade. Tais classificações foram representadas por meio de mapas elaborados pelo NUGEO.

4.8 Consolidação dos dados referentes aos controles/tratamentos realizados pelos empreendimentos em relação aos efluentes e resíduos gerados durante os processos de tratamento dos RSS

As informações relativas ao controle/tratamento dado aos efluentes e resíduos gerados durante os processos de tratamento dos RSS pelos empreendimentos, prestadas nas Declarações da Gestão de RSS, foram consolidadas em um banco de dados, a fim de se avaliar o tipo de resíduo ou efluente gerado em cada processo de tratamento, bem como o quantitativo de geração, formas de acondicionamento, local de armazenamento e disposição final, sendo que para os efluentes ou lodo, foram avaliadas inclusive as formas de tratamento prévio dada aos mesmos.

Além disso, as formas de acondicionamento, armazenamento e disposição final foram analisadas frente às informações sobre a destinação adequada de resíduos e efluentes constantes na literatura, a fim de se verificar a adequação da destinação final dada aos resíduos e efluentes gerados no processo de tais empreendimentos.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Análise dos dados secundários quali-quantitativos referente aos resíduos de serviços de saúde gerados em Minas Gerais

A partir de pesquisa realizada no SNIS – Série Histórica para o estado de Minas Gerais na seção de agrupamento dinâmico de indicadores e informações, em 2014, foi possível observar que 534 municípios informaram que possuem coleta diferenciada de RSS executada pela prefeitura, pelo próprio gerador ou empresas terceirizadas, em um universo de 609 municípios do Estado que prestaram informações.

Destes 534 municípios que possuem coleta diferenciada de RSS, apenas 388 (72,6%) dos municípios declarantes apresentaram a quantidade coletada de RSS no ano de 2014, que foi de 22.277,3 toneladas. Além disso, também foi possível observar que em 85,6% dos municípios que realizam a coleta diferenciada de RSS, o serviço é realizado por empresa terceirizada. Outra informação importante é que 55% dos municípios declararam que enviam os RSS coletados para outros municípios, sendo estes dentro e fora do estado.

Ainda conforme levantamento específico nos dados do SNIS, em relação às unidades de processamento, foi possível verificar que em 26 unidades foram processados 25.912,8 toneladas de RSS no ano de 2014. Em relação ao recebimento de resíduos para processamento, 27 municípios do estado afirmaram receber resíduos de outros municípios para destinação final. Entretanto, tais dados podem estar subestimados, tendo em vista que diversos municípios não prestaram tais informações e muitos outros não realizaram o preenchimento do questionário do SNIS.

Em relação ao CNES, a partir da consulta aos estabelecimentos de saúde cadastrados no sistema até o mês de maio de 2016, foi possível verificar que no Estado de Minas Gerais há 37.335 estabelecimentos cadastrados, sendo 51,3% representado por consultórios; 13,4% por clínicas e centros de especialidades; 12,7% por centros de saúde e unidades básicas; 8,3% por unidades de apoio à diagnose e terapia isolados; 2,6% por postos de saúde; 1,6% por farmácias e menos de 1% por demais unidades que prestam serviços de saúde (CNES, 2015).

Na Tabela 6 é apresentado o número de estabelecimentos de saúde cadastrados em Minas Gerais pelo CNES até maio de 2016, conforme divisão geográfica das SUPRAMs (CNES, 2015).

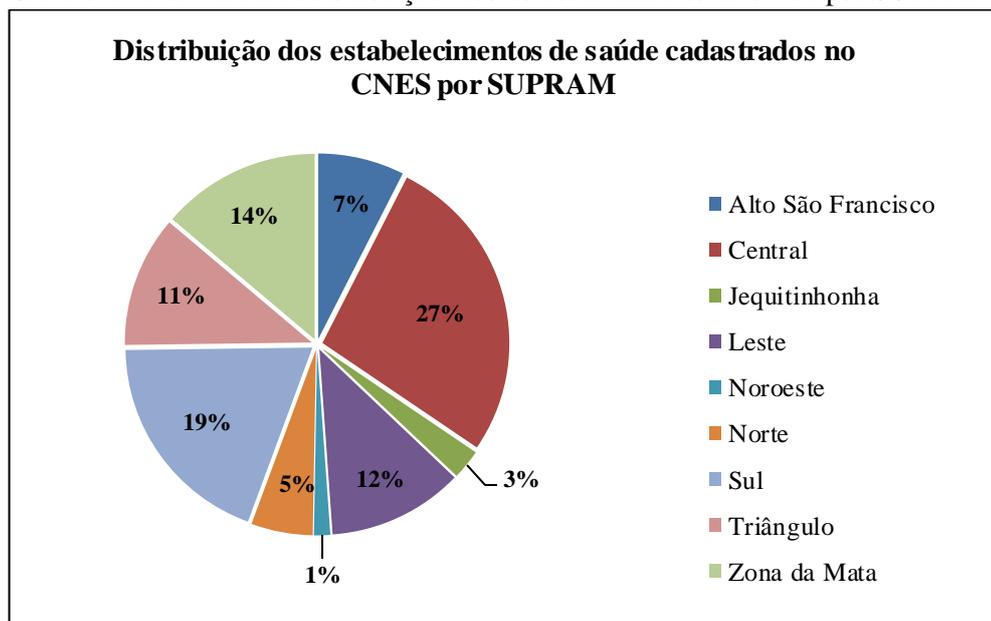
Tabela 6- Número de estabelecimentos de saúde cadastrados no Estado de Minas Gerais, pelo CNES até maio de 2016, conforme SUPRAM.

SUPRAM	População estimada IBGE, 2015 (hab.)	Número de estabelecimentos
Alto São Francisco	1.372.694	2.786
Central	6.237.289	10.103
Jequitinhonha	807.190	973
Leste	2.576.429	4.385
Noroeste	394.565	524
Norte	1.635.059	1.991
Sul	2.954.563	7.161
Triângulo	2.332.350	4.265
Zona da Mata	2.558.962	5.147
Total	20.869.101	37.335

Fonte: CNES Net, 2015.

A partir da análise dos dados é possível observar que o maior número de estabelecimentos de saúde localizam-se nas regiões Centro e Sul, representando 27 e 19% respectivamente, conforme Gráfico 1, fato este diretamente relacionado ao contingente populacional das regiões.

Gráfico 1 - Percentual de distribuição dos estabelecimentos de saúde por SUPRAM



Fonte: CNES Net, 2015.

É importante ressaltar que o quantitativo dos estabelecimentos de saúde apresentado pelo CNES representa a situação dos estabelecimentos públicos, conveniados e privados. Contudo, pode não retratar a situação de todos os demais serviços relacionados à saúde humana ou animal especificados pela Resolução CONAMA nº 358/2005.

Quanto aos dados da pesquisa realizada pela ABRELPE junto aos municípios referente à coleta de resíduos, foi destacado que no ano de 2014 foram coletados 41.019 toneladas de RSS no ano de 2014 no Estado de Minas Gerais, representando um índice de 1,978 kg/hab.ano (ABRELPE, 2015).

Enquanto que no ano de 2015 foram coletados 40.135 toneladas de RSS no Estado de Minas Gerais, representando um índice de 1,923 kg/hab.ano. Nota-se uma ligeira redução da massa coleta *per capita* em relação ao ano de 2014 (ABRELPE, 2016).

Em relação à capacidade instalada das unidades de tratamento de RSS no ano de 2014, a região sudeste apresentou uma capacidade instalada de 72.446 t/ano para tratamento de RSS por autoclavagem, 27.612 t/ano para incineração e 47.112 t/ano para microondas, sendo acrescido a este 31.200 t/ano tratados por Desativação Eletrotérmica (ETD). Em relação ao

Estado de Minas Gerais, a capacidade instalada foi de 6.302 t/ano para tratamento de RSS por autoclavagem e 8.112 t/ano para incineração (ABRELPE, 2015).

Quanto à capacidade instalada, no ano de 2015, das unidades de tratamento de RSS localizadas em Minas Gerais, observa-se uma elevação considerável em relação ao ano de 2014, sendo 11.972 ton/ano para autoclavagem e 18.250 ton/ano para incineração (ABRELPE, 2016).

5.2 Quantitativo dos empreendimentos prestadores de serviços de destinação final de RSS

A partir do levantamento dos empreendimentos existentes no SIAM foi possível identificar o número de empreendimentos regularizados para cada atividade relacionada à destinação final de RSS até janeiro de 2016. Na Tabela 7 são apresentados os empreendimentos privados com AAF válida ou Licença de Operação/Licença de Operação Corretiva/Revalidação de licença de Operação válida, ou seja, não foram considerados no levantamento os empreendimentos com licenciamentos nas fases prévia e de instalação, uma vez que estes, por não estarem em operação, ainda não recebem RSS para destinação final. Vale destacar que alguns empreendimentos realizam mais de uma atividade apontada na Tabela 7, tendo sido contabilizado em mais de um código, de acordo com os serviços que realiza.

Tabela 7 - Número de empreendimentos privados prestadores de serviços de transferência e/ou destinação final de RSS

Código da atividade	Descrição	Número de empreendimentos
E-03-08-5	Tratamento e disposição final de resíduos de serviços de saúde (Grupo A - infectantes ou biológicos), exceto incineração	10
F-05-13-4	Incineração de resíduos	13
F-05-11-8	Aterro para resíduos perigosos - classe I, de origem industrial	5
E-03-08-6	Unidade de Transferência de Resíduos de Serviços de Saúde	13

Fonte: Gerência de Resíduos Especiais – GESPE/FEAM, 2016.

Em relação aos empreendimentos públicos, foram levantados 289 municípios com regularização ambiental (válida ou vencida) para as atividades de tratamento e disposição final de resíduos de serviços de saúde (Grupo A - infectantes ou biológicos), exceto incineração, e/ou tratamento e disposição de resíduos sólidos urbanos, conforme apresentado na Tabela 8. É importante destacar que, assim como no quantitativo de empreendimentos privados, não foram considerados empreendimentos municipais com licenciamentos nas fases prévia e de instalação, tendo em vista que os mesmos ainda não estavam em operação. Destaca-se que alguns municípios realizam as duas atividades apontada na Tabela 8, tendo sido contabilizado em ambos os códigos.

Tabela 8 - Número de empreendimentos públicos prestadores de serviços relativos ao tratamento de RSS ou tratamento de resíduos sólidos urbanos (RSU)

Código da atividade	Descrição	Número de empreendimentos
E-03-08-5	Tratamento e disposição final de resíduos de serviços de saúde (Grupo A - infectantes ou biológicos), exceto incineração	29
E-03-07-7	Tratamento e/ou disposição final de resíduos sólidos urbanos	260

Fonte: Gerência de Resíduos Especiais – GESPE/FEAM, 2016.

5.3 Análise das respostas ao Ofício Circular GESPE/FEAM/SISEMA nº 002/2015

A partir dos ofícios encaminhados aos 289 municípios, solicitando informações gerais sobre a destinação final de RSS, foram obtidas respostas de 196 municípios, correspondendo a 67,8% do total de municípios pesquisados.

Dentre os municípios que responderam ao ofício, 118 (60,2% do total) informaram que encaminham algum grupo de RSS para a unidade de destinação de resíduos sólidos municipal.

Mesmo sendo proibido por legislações, como na DN nº 171/2011 e na própria Lei nº 12.305/2010, 22 municípios ainda informaram que realizam a destinação final de RSS do grupo D em locais inadequados ou com a regularização ambiental vencida, ou ainda em empreendimentos regularizados como aterro sanitário ou UTC, mas que possuem operação como aterro controlado.

Dentre estes 22 municípios, 15 informaram encaminhar os RSS para aterro controlado, sendo que em alguns casos foi informada a existência de estrutura de aterro sanitário ou UTC no município, mas que se encontravam inoperantes. Além disso, 1 município informou encaminhar os RSS do grupo D para lixão e outros 6 municípios informaram que encaminham os RSS para as unidades de destinação de resíduos (Aterro sanitário ou UTC) com regularização vencida e sem informações de renovação da referida licença.

Em relação aos empreendimentos municipais com regularização ambiental válida, 96 (cerca de 49% do total de municípios que responderam ao ofício) informaram que encaminham algum grupo de RSS para a unidade de destinação de resíduos sólidos municipal, seja aterro sanitário, aterro sanitário conjugado com UTC ou célula de disposição especial. Contudo, 83 municípios (86,5% dos 96 municípios que apresentaram esta informação) declararam que encaminham apenas os RSS do grupo D para a unidade municipal. Somente 13 municípios (13,5%) informaram que destinam mais de um grupo e/ou subgrupo (A1, A2, A4, B não perigoso, D e E) para a unidade municipal, conforme pode ser observado no Gráfico 2.

Gráfico 2 - Destinação de RSS em unidade municipal de destinação final de resíduos



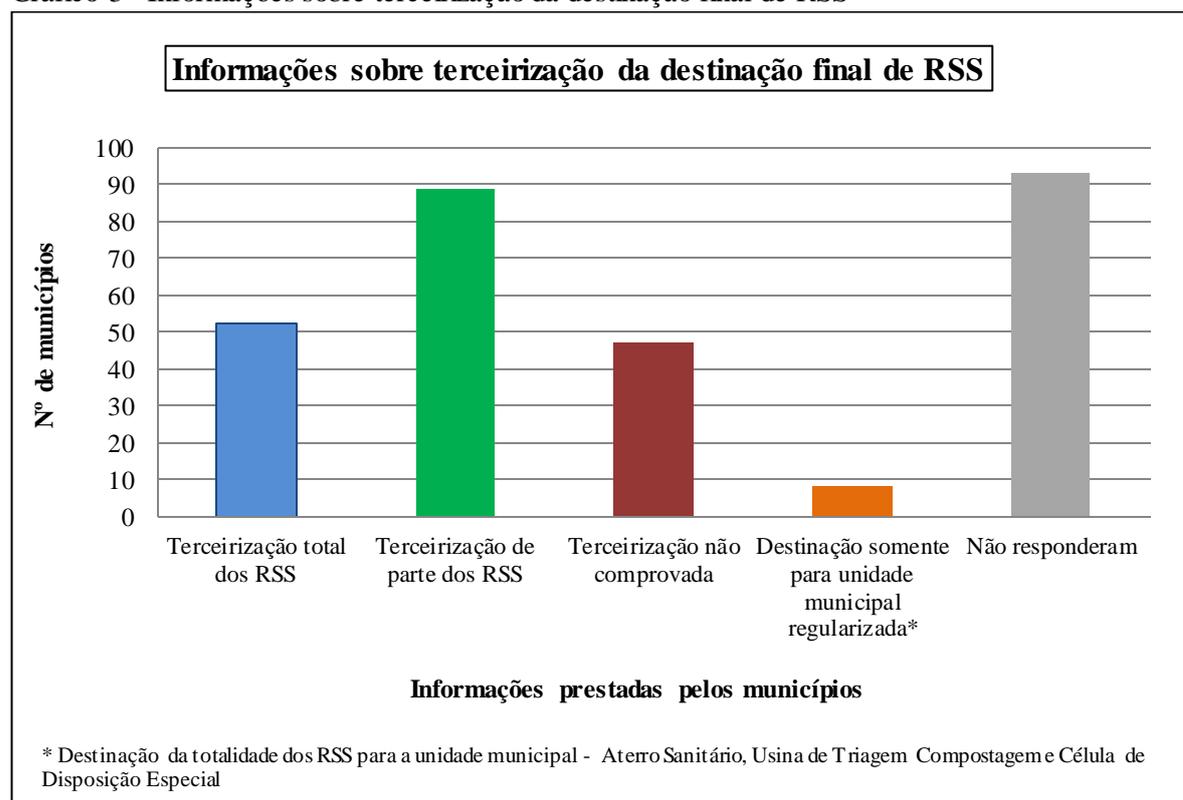
Fonte: Gerência de Resíduos Especiais – GESPE/FEAM, 2016.

É importante ressaltar que grande parte dos municípios não apresentaram todas as informações solicitadas no ofício, mesmo sendo reiteradas por e-mail. Além disso, alguns dos 196 municípios que prestaram informações sobre terceirização da destinação final de RSS não especificaram a destinação de todos os grupos de RSS, principalmente do grupo D, que são similares aos domésticos. Desta forma, o percentual de municípios que encaminham RSS às unidades municipais, especialmente Grupo D, pode estar subestimado.

Em relação à terceirização da destinação final dos RSS, 89 municípios dos 196 que apresentaram resposta ao ofício (45,4% do total), informaram que terceirizam os serviços de destinação final de parte dos RSS gerados no município e 52 municípios (26,5% do total) informaram terceirizar a destinação final da totalidade dos RSS. Vale destacar que não foram consideradas informações sobre terceirização daqueles municípios que não encaminharam cópia do contrato ou outro documento comprobatório firmado com a empresa prestadora de serviço, para fins de comprovação da atividade. Somente 8 municípios (4,08%) declararam encaminhar os RSS em sua totalidade para a unidade municipal de destinação final de resíduos sólidos regularizada.

Ainda em relação à terceirização, 24% (47 municípios) do total de municípios que responderam ao ofício não encaminharam cópia do contrato ou outro documento comprobatório firmado entre o município e a empresa responsável pela destinação final dos RSS. Outro fato importante a ser destacado é que 93 municípios não apresentaram nenhuma resposta ao ofício encaminhado, representando 32,2% do universo total de municípios notificados para prestação de informações por meio do Ofício Circular, conforme representado no Gráfico 3.

Gráfico 3 - Informações sobre terceirização da destinação final de RSS



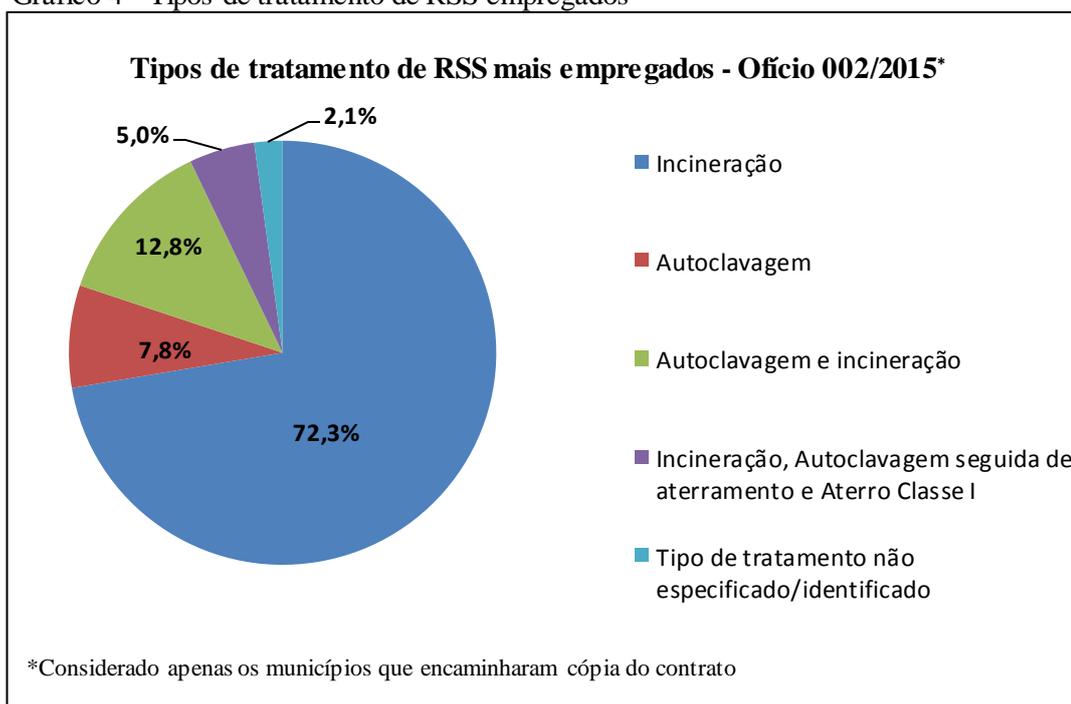
Fonte: Gerência de Resíduos Especiais – GESPE/FEAM, 2016.

Quanto à origem dos RSS, 62 municípios (31,6% do total de municípios que responderam ao ofício) informaram que a origem dos RSS coletados e encaminhados à destinação final é pública e privada. O Art. 3º da Resolução CONAMA nº 358/2005 determina a responsabilidade do gerador e do responsável legal pelo gerenciamento dos RSS, desde a geração até a disposição final; desta forma, a coleta e destinação final de RSS proveniente de empreendimentos privados pelas Prefeituras sem cobrança pelos serviços contrariam o referido artigo, aumentando os gastos públicos. Acredita-se que este seja o caso da maioria desses 62 municípios, embora não tenha sido realizado questionamento sobre cobrança nesse levantamento.

A partir da análise das respostas ao ofício também foi possível observar que o tipo de tratamento de RSS mais empregado foi a incineração, totalizando 72,3%, dentre os municípios que declararam e comprovaram terceirizar a destinação de parte ou todo RSS coletado (141 municípios). 12,8% dos municípios encaminharam seus RSS para tratamento em incineração e autoclave, a depender do grupo. A autoclavagem é a destinação dada por

7,8% dos municípios estudados. Cinco por cento dos municípios terceirizam a destinação dos RSS para empresa que encaminha os resíduos para incineração, autoclavagem seguida de aterramento e aterro Classe I, dependendo do grupo de RSS. Alguns municípios (2,1%) não apresentaram informações sobre o tipo de tratamento realizado pela empresa prestadora do serviço, não constando a forma de destinação no contrato; em outros casos tais empresas localizavam-se fora do Estado de Minas Gerais (GRÁFICO 4).

Gráfico 4 - Tipos de tratamento de RSS empregados



Fonte: Gerência de Resíduos Especiais – GESPE/FEAM, 2016.

A partir do levantamento dos dados do SNIS acerca das unidades de processamento que declararam receber algum quantitativo de RSS foi possível realizar um comparativo com os dados obtidos pelas respostas ao Ofício Circular nº 002/2015.

Dentre os 14 municípios que declararam processar RSS em unidade operada pela prefeitura ou superintendência de limpeza urbana no levantamento do SNIS 2014, somente 7 prestaram as mesmas informações na resposta ao ofício encaminhado pela FEAM. Contudo, grande parte dos municípios não apresentaram dados quantitativos sobre os RSS no SNIS, desta forma, foram considerados valores acima de zero para fins de comparação.

5.4 Análise das Declarações da Gestão de RSS – Ano base 2014

Por meio das declarações ano-base 2014 foram obtidos dados sobre a destinação final dos resíduos de serviços de saúde de 623 municípios mineiros, representando 73,03% em relação aos 853 municípios do Estado de Minas. Também foram obtidos dados de quinze municípios localizados em outros estados e que encaminharam seus RSS ou parte deles para empresas localizadas em Minas Gerais no ano de 2014, sendo eles: Barueri (SP); Guapira (SP); Itaperuna (RJ); Jardinópolis (SP); Comendador Levy Gasparian (RJ); Mauá (SP); Mogi Mirim (SP); Petrópolis (RJ); Pinhais (PR); Piratininga (SP); Pontal (SP); Rio de Janeiro (RJ); São José do Rio Preto (SP); Trajano de Moraes (RJ); Três Rios (RJ).

Apesar do desconhecimento da destinação final dos RSS dos demais 230 municípios do estado, que pode estar relacionado à destinação inadequada dos RSS em lixões, aterros controlados ou unidades sem regularização ambiental, ou ainda devido ao não envio da declaração por parte dos empreendimentos públicos ou privados no ano-base 2014, a população somada dos 623 municípios declarados totaliza 18.643.788 habitantes, equivalendo a 89,9% (IBGE, 2014), fato que demonstra a representatividade dos dados apresentados.

Ressalta-se que, devido a não prestação de informação à FEAM, o próprio órgão possui dificuldades para identificar quais aterros sanitários do estado realizam disposição final de RSS dos grupos permitidos pela DN nº 171/2011 e demais instrumentos normativos (Grupos A4, B sólido não perigoso, E não infectante; Grupo D; e, Grupos A1 e A2 submetidos a tratamento prévio), fato que também causa subestimativa dos dados quantitativos. Tal lacuna justifica o envio de ofícios a todos os empreendimentos públicos regularizados no final de 2015, a fim de possibilitar um maior alcance de informações sobre a destinação final dos RSS dos municípios do estado.

5.4.1 Quantidades destinadas e massa de RSS coletada *per capita*

Diante da possibilidade das quantidades declaradas de RSS não representarem a real quantidade de geração diária dos estabelecimentos de saúde, devido à probabilidade de falhas no cadastramento de alguns estabelecimentos no sistema de coleta ou ainda devido à

destinação inadequada dos RSS, optou-se por apresentar os dados quantitativos de geração em “massa coletada *per capita*”, contrapondo a quantificação em geração *per capita*.

Com base nas declarações, a Tabela 9 apresenta as quantidades totais de RSS encaminhados à destinação final e a massa coletada *per capita* de RSS encaminhadas à destinação final no Estado de Minas Gerais. Para tanto, considerou-se a população total dos municípios declarados no ano de 2014, conforme estimativa do IBGE.

Para o cálculo da massa coletada *per capita* foram consideradas as populações dos municípios sobre os quais foram informados os dados nas declarações. Além disso, foi incluída na tabela a população total do estado, a fim de demonstrar o percentual da população dos municípios declarados em relação ao total da população do estado. Adicionalmente, diante da representatividade da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), composta por 34 municípios, e devido sua grande relevância econômica e elevada concentração de serviços de saúde, optou-se por também considerar a população RMBH de maneira isolada, para fins de demonstração do percentual da população dos municípios declarações em relação à população total da região metropolitana.

Tabela 9 - Estimativas da quantidade de RSS encaminhado à destinação final e da massa de RSS coletada per capita no Estado de Minas Gerais e na Região Metropolitana de Belo Horizonte (Ano base 2014)

Localização (1)	Quantidade de RSS (ton/ano) (2)	Somatório da população dos municípios que constam nas declarações (hab.) (3)	População total da região (hab.) (4)	Percentual da população declarada em relação à população total (%) (5)	Massa de RSS coletada <i>per capita</i> (kg/hab.ano) (6)
Minas Gerais	28.925,79	18.643.788 (623 municípios)	20.734.097 (853 municípios)	89,9	1,55
RMBH	21.115,65	5.110.482 (28 municípios)	5.198.678 (34 municípios)	98,3	4,13

Fonte: Gerência de Resíduos Especiais - GESPE/FEAM, 2016.

Ao comparar as quantidades de RSS encaminhada à destinação final na RMBH e no estado de Minas Gerais como um todo é possível observar que, apesar da população dos 28 municípios

pertencentes à RMBH representar apenas 27,4% da população total dos municípios declarados no estado, 73% do total dos RSS declarados são coletados na região metropolitana. Este considerável percentual de RSS coletados na RMBH pode ser justificado devido à elevada concentração de serviços de saúde nesta região, conforme destacado no levantamento do CNES, principalmente por prestação de serviços especializados, responsáveis por atender não só a própria população da RMBH, como também a população de municípios vizinhos e outros municípios desprovidos dos serviços.

Em relação à massa de RSS coletada *per capita* nota-se que o valor obtido com os dados das declarações (1,55 kg/hab.ano) apresentou uma variação considerável se comparado aos valores levantados pela ABRELPE no panorama de 2014, sendo 2,149 kg/hab.ano para a Região Sudeste como um todo e de 1,978 kg/hab.ano para o Estado de Minas.

É importante ressaltar que a metodologia de pesquisa realizada pela ABRELPE consiste exclusivamente em pesquisas realizadas junto aos municípios por meio da aplicação de questionários. Para a elaboração do panorama de 2014 foram englobados 133 municípios da região Sudeste do Brasil, o qual contempla o Estado de Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo e Espírito Santo. Entretanto, os dados apresentados no panorama da ABRELPE pode apresentar certa imprecisão, pois se restringem às informações prestadas somente pelo poder público municipal, deixando de abranger outras parcelas de estabelecimentos geradores. Outro fator que pode causar variação dos dados da pesquisa é que a metodologia de pesquisa envolve projeções estatísticas, baseadas nos poucos municípios pesquisados, para estimativa dos dados quantitativos para cada estado.

Quanto aos quantitativos apresentados pelo SNIS – Série Histórica, no ano de 2014 a massa de RSS coletada *per capita* em Minas Gerais foi de 1,7 kg/hab.ano, quantitativo este aproximado do obtido por meio das declarações (1,55 kg/hab.ano). Contudo, somente 388 municípios do estado prestaram tais informações ao SNIS, fato que pode ter interferido diretamente na precisão dos dados apresentados.

Outra questão relevante é que ao analisar a massa de RSS coletada *per capita* por município verifica-se uma grande discrepância em relação à média encontrada (ANEXO F). Tal fato

pode estar relacionado à falta de infraestrutura de alguns municípios na prestação de serviços de saúde, fazendo com que a população procure outros municípios, quando se torne necessário o atendimento. Além disso, algumas formas de destinação de RSS podem não ter sido informadas à FEAM por meio das Declarações, acarretando também na variação da massa de RSS *per capita*.

5.4.2 Destinação final dos resíduos de serviços de saúde – Ano base 2014

A partir das informações declaradas pelos empreendimentos que realizavam tratamento e/ou disposição final de RSS no ano de 2014, foi possível classificar os 623 municípios contemplados nas declarações de acordo com a(s) forma(s) de destinação final dos RSS gerados em seus estabelecimentos de saúde.

As formas de destinação final dos RSS identificadas nas declarações enviadas à Feam foram: disposição final em aterro sanitário; disposição final em célula de disposição especial para RSS que atende aos requisitos da DN nº 171/2011; disposição final em célula de disposição especial para RSS que não atende aos requisitos da DN nº 171/2011; autoclave; incineração; disposição final em aterro Classe I; e decomposição termomagnética. Além disso, 225 dos 623 municípios declarados (36,1%) encaminharam os RSS a mais de uma forma de destinação final, conforme Tabela 10.

Tabela 10 - Destinação dos RSS gerados nos 623 municípios do estado de Minas Gerais contidos nas declarações enviadas à Feam (ano base 2014), por número de municípios (Continua)

Tipo de destinação	Número de municípios	Percentual em relação ao total de municípios
Aterro sanitário	1	0,16
Autoclave	74	11,88
Autoclave e Aterro sanitário	2	0,32
Autoclave e Incinerador	52	8,35
Autoclave e UTC cuja célula de disposição especial atende aos requisitos da DN nº 171/2011	1	0,16

Autoclave, Incinerador e Aterro classe I	39	6,26
Autoclave, Incinerador e Aterro sanitário	2	0,32
Autoclave, Incinerador, Aterro classe I e Aterro sanitário	1	0,16
Autoclave, Incinerador, Aterro classe I, Decompositor térmico e Aterro sanitário	1	0,16
Incinerador	321	51,52
Incinerador e Aterro classe I	118	18,94
Incinerador e Aterro sanitário	1	0,16
Incinerador e Autoclave seguida de Aterro sanitário	5	0,80
Incinerador e UTC cuja célula de disposição especial não atende aos requisitos da DN nº 171/2011	2	0,32
Incinerador, Aterro classe I e UTC cuja célula de disposição especial atende aos requisitos da DN nº 171/2011	1	0,16
UTC cuja célula de disposição especial atende aos requisitos da DN nº 171/2011	1	0,16
UTC cuja célula de disposição especial não atende aos requisitos da DN nº 171/2011	1	0,16
Total	623	100,00

Fonte: Gerência de Resíduos Especiais – GESPE/FEAM, 2016.

Com base nas declarações é possível observar que 51,52% dos municípios destinam os RSS gerados em seus estabelecimentos de saúde exclusivamente à incineração, enquanto 18,4% encaminham os RSS para incineração e aterro para resíduos perigosos – classe I. Ressalta que, para a classificação das formas de destinação final de RSS dos empreendimentos privados, foram analisadas as informações prestadas nas Declarações, levando em consideração inclusive a(s) atividade(s) objeto de regularização ambiental de cada empreendimento. No caso da classificação “Incineração e Aterro classe I”, dois empreendimentos declararam encaminhar apenas cinzas para o aterro próprio (classe I), contudo ambos possuem

regularização ambiental para exercer as atividades de incineração e disposição de resíduos em aterro classe I.

Ainda segundo as declarações, 74 municípios (11,88%) destinam seus RSS à autoclavagem, de maneira exclusiva, e 8,35% encaminham parte dos RSS para autoclavagem e parte para incineração, outros 6,26% dos municípios destinam parte dos RSS à autoclavagem, parte para incineração e outra parte para aterro de resíduos perigosos – classe I.

Além disso, cinco municípios (0,8%) encaminham parte dos RSS gerados em seus estabelecimentos de saúde à incineração e parte para autoclavagem seguida de aterro sanitário.

Apenas dois municípios encaminham os RSS exclusivamente à UTC, contudo, apesar de infringir a deliberação, um município declarou que a unidade não atende aos requisitos estabelecidos pela DN nº 171/2011. Além disso, em somente um município os resíduos de serviços de saúde são destinados a aterro sanitário e em dois municípios parte é encaminhada para autoclavagem e parte para aterro sanitário.

Ainda conforme as declarações, dois municípios destinam parte dos RSS à incineração e outra parte para UTC, contudo foi declarado que a célula de aterramento não atende às condições exigidas pela DN. Outro município declarou ainda destinar parte de seus resíduos para autoclavagem e parte para UTC, sendo informado que a célula de disposição atende aos requisitos da DN. Adicionalmente, outro município informou que encaminha parte dos RSS à incineração e parte para aterro sanitário.

Somente dois municípios destinam parte dos RSS para autoclavagem, parte para incineração e ainda outra parte para aterro sanitário. Adicionalmente, outro município apresenta as formas de destinação citadas anteriormente, mas uma parcela dos RSS também é encaminhada para aterro para resíduos perigosos. Outro município encaminha parte dos RSS à todas as outras formas de destinação final citadas (autoclave, incineração, aterro sanitário, aterro para resíduos perigosos) e ainda encaminha outra parcela à decomposição termomagnética.

Em relação aos dados quantitativos, na Tabela 11 é apresentado a relação das quantidades de RSS encaminhadas a cada tipo de destinação final identificada nas declarações no ano-base 2014, sendo elas: incineração; autoclavagem e/ou aterramento em outra unidade; autoclavagem e/ou aterramento na própria unidade da declarante aterro sanitário; UTC com célula de disposição especial que atenda e que não atenda aos requisitos da DN nº 171/2011; Aterro para resíduos perigosos – classe I e Decomposição eletromagnética.

Tabela 11 - Destinação dos RSS coletados nos 623 municípios do estado de Minas Gerais com dados contidos nas declarações enviadas à FEAM (ano base 2014), por quantidade

Tipo de destinação final dos RSS	Quantidade total dos RSS (ton/ano)	Percentual (%)
Aterro sanitário	15.602,08	53,94
UTC cuja célula de disposição especial atende aos requisitos da DN 171/2011	2,43	0,01
UTC cuja célula de disposição especial não atende aos requisitos da DN 171/2011	84,85	0,29
Aterro de Resíduos Perigosos - classe I	82,04	0,28
Autoclavagem e aterramento em outra unidade	7.691,60	26,59
Autoclavagem e aterramento na unidade da declarante	93,76	0,32
Incineração	3.925,58	13,57
Incineração e aterramento na unidade da declarante	1.352,30	4,68
Decomposição eletromagnética	91,15	0,32
Total	28.925,79	100,00

Fonte: Gerência de Resíduos Especiais – GESPE/FEAM, 2016.

Após análise dos dados observa-se que, apesar de 51,52% dos municípios encaminharem os RSS coletados em suas unidades de saúde exclusivamente à incineração, a massa de RSS, em termos percentuais, encaminhada a este tipo de tratamento foi de 13,57%. Quanto à autoclavagem, 11,88% dos municípios encaminham os RSS coletados para este tipo de

tratamento, representando 26,91% em termos de massa. Nota-se que a maior parcela da massa dos RSS foi encaminhada para disposição final em aterro sanitário, representando 53,94% da massa total dos RSS encaminhados para tratamento e/ou disposição final em 2014. Embora ainda dois municípios que encaminharam a Declaração não apresentaram dados quantitativos dos RSS que são destinados ao aterro sanitário municipal.

A partir dos dados dos empreendimentos que realizam tratamento de RSS em Minas Gerais, conforme levantamento no SIAM, foi possível verificar que a capacidade instalada no Estado para tratamento de resíduos por incineração, é cerca de 68,2 toneladas de resíduos por dia. Contudo, grande parte dos empreendimentos é licenciada para tratar tanto resíduos de serviços de saúde quanto industriais, representando aproximadamente uma capacidade instalada para tratamento de 19.642 toneladas de resíduos por ano.

Ao comparar tais dados com os dados apresentados pela ABRELPE, referente à capacidade instalada de tratamento de RSS em Minas Gerais no ano de 2014, observa-se que a capacidade licenciada para o tratamento por incineração no Estado é mais que o dobro do quantitativo apresentado no panorama da ABRELPE (8.112 t/ano), referente ao ano de 2014. Entretanto, como a ABRELPE menciona no Panorama que os dados sobre a capacidade instalada para tratamento de RSS são informados pelo próprio setor, tal discrepância pode ser explicada pelo fato de que os empreendimentos podem ter informado à pesquisa da ABRELPE apenas dados relativos à capacidade instalada para tratamento de RSS e não de todos os resíduos que são tratados pelo processo de incineração, como os industriais, conforme consta no licenciamento ambiental.

Quanto à capacidade instalada para a atividade de autoclavagem, foi verificado que há no Estado uma capacidade de tratamento de 33,9 toneladas por dia, representando aproximadamente 9.763 ton/ano. Ao comparar esses dados com os dados apresentados no Panorama da ABRELPE, nota-se que a capacidade instalada apresentada no panorama da ABRELPE (6.302 t/ano) apresenta-se um pouco mais próximo da capacidade para tratamento licenciada no Estado.

A fim de verificar algumas tendências da destinação final de RSS em Minas Gerais de acordo com o porte dos municípios, foram considerados três diferentes faixas populacionais para classificação dos municípios declarados nas Declarações de RSS, conforme apresentado na Tabela 12. Nota-se que, embora poucos municípios do Estado possuam unidades de incineração, a principal forma de destino dos RSS de grande parte dos municípios com população inferior a 50 mil habitantes se dá exclusivamente a este tipo de tratamento, tal fato se dá devido a contratos firmados entre prefeituras e empresas privadas que realizam incineração de resíduos. Os dados também evidenciam que na maioria dos municípios com mais de 50.000 habitantes os RSS coletados são encaminhados a mais de um tipo de destinação final, principalmente incineração, autoclavagem e aterro para resíduos classe I. Para os municípios com mais de 200.000 habitantes, conforme as Declarações de RSS, apenas em um município os RSS são encaminhados exclusivamente à incineração, enquanto 12 dos 13 municípios dessa mesma faixa populacional têm seus resíduos enviados à incineração, autoclavagem e aterro para resíduos perigosos - classe I, e em alguns casos, também a aterros sanitários e para decomposição termomagnética. Esse fato demonstra a maior atenção dada à segregação dos RSS na fonte geradora nas cidades maiores, provavelmente devido às grandes quantidades geradas e elevados custos para a destinação final. Ressalta-se que o encaminhamento dos RSS para mais de uma tipologia de destinação final é recomendável do ponto de vista ambiental e financeiro, mas apenas é viabilizado através da segregação.

Tabela 12 - Número de municípios que enviam RSS a cada classe de destinação final, por faixa populacional (Continua)

Tipo de tratamento dos RSS gerados do município	Número de Municípios			Recebimento (toneladas/ano)
	Até 50 mil	50 mil a 200 mil	Acima de 200 mil	
Aterro sanitário	1	0	0	10,00
Autoclave	69	4	1	785,98
Autoclave e Aterro sanitário	2	0	0	104,39
Autoclave e Incineração	33	15	4	2570,04
Autoclave e UTC cuja célula de disposição especial atende aos requisitos da DN 171/2011	1	0	0	0,59

Autoclave, Incineração e Aterro para resíduos - classe I	22	13	4	3342,01
Autoclave, Incineração e Aterro sanitário	0	1	1	1037,11
Autoclave, Incineração, Aterro sanitário e Aterro para resíduos - classe I	0	1	0	147,34
Autoclave, Incineração, Aterro para resíduos - classe I, Decompositor termomagnético e Aterro sanitário	0	0	1	18501,71
Incineração	309	11	1	1273,46
Incineração e Aterro para resíduos - classe I	110	8	0	884,31
Incineração e Aterro sanitário	1	0	0	0,44
Incineração e Autoclave seguida de Aterro sanitário	2	2	1	174,61
Incineração e UTC cuja célula de disposição especial não atende aos requisitos da DN 171/2011	2	0	0	89,30
Incineração, Aterro para resíduos classe I e UTC cuja célula de disposição especial atende aos requisitos da DN 171/2011	1	0	0	1,46
UTC cuja célula de disposição especial atende aos requisitos da DN 171/2011	1	0	0	2,13
UTC cuja célula de disposição especial não atende aos requisitos da DN 171/2011	1	0	0	0,90
Total	555	55	13	28.925,79

Fonte: Gerência de Resíduos Especiais – GESPE/FEAM, 2016.

Outra informação relevante refere-se à destinação dos RSS no território do próprio município ou fora deste. Apenas em onze dos 623 municípios (1,77%) com dados nas declarações, a destinação dos RSS é realizada exclusivamente no próprio município. Nos demais 612 municípios declarados, os RSS coletados são encaminhados em parte ou sua totalidade para unidades localizadas fora de seus limites, em outros municípios, evidenciando o grande fluxo de destinação dos RSS existente entre os municípios mineiros. Vale destacar que o transporte de resíduos perigosos de um município para outro, mas dentro do estado de Minas Gerais, exige licença ambiental em âmbito estadual e no caso do transporte dos resíduos perigosos entre estados a autorização do IBAMA se torna necessária.

Os dados apresentados foram resultado das declarações de **22 empreendimentos privados e 14 empreendimentos públicos**, estes últimos Aterros Sanitários ou Usinas de Triagem e Compostagem com células de disposição especial de RSS.

Ressalta-se que parte das Prefeituras não enviam as declarações à Feam por negligência ou desconhecimento dessa obrigatoriedade ou, como mencionado anteriormente, possuem formas de disposição final inadequadas instaladas nos municípios, tais como aterros controlados e lixões, para as quais parte dos RSS são encaminhados.

5.4.3 Análise dos dados referentes aos controles/tratamentos realizados pelos empreendimentos em relação aos efluentes e resíduos gerados durante os processos de tratamento dos RSS

Conforme detalhado em cada um dos principais tipos de tratamento de RSS citados na revisão bibliográfica, a maioria dos processos de tratamento de resíduos resulta na geração de efluentes e/ou resíduos, que também necessitam de uma destinação final ambientalmente adequada.

Em relação aos dois processos de tratamento de RSS mais empregados em Minas Gerais podem-se destacar os principais resíduos e/ou efluentes gerados no processo:

- **Incineração:** os principais resíduos gerados no processo são as cinzas resultantes da oxidação dos resíduos e o material particulado retidos nos equipamentos de controle de poluição. Além disso, caso seja utilizado algum equipamento de controle de poluição a úmido, principalmente para lavagem dos gases, ocorrerá a geração de efluente líquido, cujo tratamento, dependendo o tipo empregado, resulta em lodo;

- **Autoclavagem:** além da geração do próprio RSS processado, com níveis de carga microbiana reduzidos, que deve ser encaminhado posteriormente à disposição final. No processo de autoclavagem também há geração de efluente líquido, devido a utilização de vapor a elevadas temperaturas.

Como forma de identificação da destinação dada a tais resíduos e efluentes pela Feam, a Declaração da Gestão de RSS também traz uma seção específica para preenchimento dos dados quantitativos e qualitativos relativos aos resíduos e efluentes gerados no processo de tratamento, além da especificação da forma de tratamento e/ou disposição final dada a estes. No Quadro 13 é demonstrado as principais informações prestadas na referida seção das Declarações encaminhadas à Feam no ano base 2014.

Quadro 13 - Destinação final dada aos resíduos e efluentes gerados no processo de tratamento - Conforme Declaração de RSS ano base 2014 (Continua)

Município em que se localiza	Tratamento empregado	Grupos/subgrupos de RSS recebidos no empreendimento	Resíduo ou efluente gerado em decorrência do tratamento	Quantidade e gerada (t ou m³)	Classe do resíduo gerado	Forma de acondicionamento do resíduo/efluente	Local de armazenamento temporário do resíduo ou efluente	Disposição final do resíduo ou tratamento do efluente gerado
Betim	Autoclave	A1, A2, A4	RSS processado	1,457136 t	IIA	Resíduos acondicionados em contêineres de PEHD e, logo após, dispostos em caminhão tipo compactador.	Não há armazenamento temporário do resíduo gerado em decorrência do tratamento aplicado aos RSS no empreendimento	Aterro de resíduos não perigosos - classe IIA
		E	Efluente líquido da autoclave	4213 m³	Não aplicável	O efluente líquido será acondicionado em caixa de fibra de uso exclusivo para esta finalidade	Caixa de fibra disposto em vala plana	Efluente líquido lançado em rede pública coletora de esgoto, após tratamento prévio
Campo Belo	Incineração	A1, A2, A3, A4, A5	Cinzas escórias do incinerador	18,79 t	I	Tambor metálico	Local de alvenaria, coberto, com piso impermeabilizado e fechamento lateral e abertura para ventilação	Resíduo disposto em aterro para resíduos perigosos - classe I (próprio).
		B1, B2, B3, B4, B5, B6	Material particulado e fuligem captada na chaminé do incinerador	2,616 t	I	Tambor metálico	Não Aplicável - Destinado ao Aterro assim que retirado da chaminé	Resíduo disposto em aterro para resíduos perigosos - classe I (próprio).
		E1, E2	Efluente líquido do sistema de lavagem de gases do incinerador	1560 m³	Não aplicável	Tanques na ETE	Não há armazenamento temporário do resíduo gerado em decorrência do tratamento aplicado aos RSS neste empreendimento.	Efluente líquido lançado em corpo d'água superficial, após tratamento prévio.

Campo Belo		Lodo da estação de tratamento do efluente líquido do sistema de lavagem de gases	8,5 t	I	Caixa de passagem	Não há armazenamento temporário do resíduo gerado em decorrência do tratamento aplicado aos RSS neste empreendimento.	Resíduo disposto em aterro para resíduos perigosos - classe I (próprio).	
Contagem	Incineração	A1, A2, A3, A4, A5	Cinzas escórias do incinerador	8,6 t	IIB	Tambor metálico	Local de alvenaria, coberto, com piso impermeabilizado e fechamento lateral e abertura para ventilação	Resíduos dispostos em aterro para resíduos (classe II) de terceiros, localizado em outro município de Minas Gerais
		B2, B4, E1	Material particulado e fuligem captada na chaminé do incinerador	1 m ³	IIB	Tambor metálico	Local de alvenaria, coberto, com piso impermeabilizado e fechamento lateral e abertura para ventilação	Resíduos dispostos em aterro para resíduos (classe II) de terceiros, localizado em outro município de Minas Gerais
		A1, A2, A4	Cinzas escórias do incinerador	111 t	IIA	Caçamba coberta	Local em alvenaria, coberto, com piso impermeabilizado e fechamento lateral e aberturas para ventilação	Aterro Industrial classe II
Contagem	Incineração		Material particulado e fuligem captada na chaminé do incinerador	4 mg/Nm ³	I	Material apropriado para acondicionamento do mesmo	Chaminé	Resíduo disposto em aterro para resíduos perigosos (classe I) próprio
		B2, B3, B6	Efluente líquido do sistema de lavagem de gases do incinerador	Sistema fechado de recirculação de água	Não aplicável	ETE de concreto	ETE	Reutilizado no sistema de incineração e a água recircula.

Contagem		E1	Lodo da estação de tratamento do efluente líquido do sistema de lavagem de gases	8 t	Não aplicável	Tambor metálico	Incineração em nossa unidade	Incinerado
Conselheiro Lafaiete	Incineração	A (sem especificação)	Cinzas escórias do incinerador	16,25 t	IIB	Tambor metálico	Local em alvenaria, coberto, com piso impermeabilizado e fechamento lateral e aberturas para ventilação	Resíduo disposto em aterro para resíduos perigosos (classe I) de terceiros, em outro município de Minas Gerais
		B (sem especificação)	Efluente líquido do sistema de lavagem de gases do incinerador	1,05 t	Não aplicável	Baias de contenção e secagem	Baias de contenção revestidas, impermeáveis e cobertas	Resíduo disposto em aterro para resíduos perigosos (classe I) de terceiros, em outro município de Minas Gerais
		E (sem especificação)	Lodo da estação de tratamento de efluente líquido do sistema de lavagem dos gases	0,65 t	IIB	Baias de contenção e secagem	Baias de contenção revestidas, impermeáveis e cobertas	Resíduo disposto em aterro para resíduos perigosos (classe I) de terceiros, em outro município de Minas Gerais
Iguatama	Incineração	A1, A2, A3, A4	Cinzas escórias do incinerador	17 t	I	Tambor metálico	Local em alvenaria, coberto, com piso impermeabilizado e fechamento lateral e aberturas para ventilação	Resíduo disposto em aterro para resíduos perigosos (classe I) de terceiros, em outro município de Minas Gerais
		B2, B3, B4, B4, B6	Material particulado e fuligem captada na chaminé	0,25 t	I	Tambor metálico	Local em alvenaria, coberto, com piso impermeabilizado e fechamento lateral e aberturas para ventilação	Resíduo disposto em aterro para resíduos perigosos (classe I) de terceiros, em outro município de Minas Gerais

Iguatama		E1	Efluente líquido do sistema de lavagem de gases do incinerador	576 m ³	I	Tanque Metálico	Galpão em alvenaria, coberto, com piso impermeabilizado e fechamento lateral	Resíduo disposto em aterro para resíduos perigosos (classe I) de terceiros, em outro município de Minas Gerais
			Lodo da estação de tratamento do efluente líquido do sistema de lavagem de gases	20,988 t	I	Bombona plástica	Galpão em alvenaria, coberto, com piso impermeabilizado e fechamento lateral	Resíduo disposto em aterro para resíduos perigosos (classe I) de terceiros, em outro município de Minas Gerais
Lagoa Santa	Decompositor termomagnético	A1, B, E	Cinzas	91,15 t	IIB	Tambor metálico	Baia com ventilação, canaleta de contenção, cobertura e piso impermeável	Resíduo disposto em aterro para resíduos perigosos (classe II) de terceiros, em outro município de Minas Gerais
Lavras	Incineração	A (sem especificação)	Cinzas escórias do incinerador	0,134 t	I	Tambor metálico	Não há armazenamento temporário do resíduo gerado em decorrência do tratamento aplicado aos RSS neste empreendimento	Resíduo disposto em aterro para resíduos perigosos (classe I) próprio
		B (sem especificação)	Efluente líquido do sistema de lavagem de gases do incinerador	4530 m ³	Não aplicável	Fluxo direto, sem acondicionamento temporário	Não há armazenamento temporário do resíduo gerado em decorrência do tratamento aplicado aos RSS neste empreendimento	Efluente tratado internamente e reutilizando em 100%

Lavras		D e E (sem especificação)	Lodo da estação de tratamento do efluente líquido do sistema de lavagem de gases	0,212 t	I	Tambor metálico	Não há armazenamento temporário do resíduo gerado em decorrência do tratamento aplicado aos RSS neste empreendimento	Resíduo disposto em aterro para resíduos perigosos (classe I) próprio
Montes Claros	Incineração	A1, A2, A4	Cinzas escórias do incinerador	33,9 t	IIA	Tambor metálico	Local em alvenaria, coberto, com piso impermeabilizado e fechamento lateral e aberturas para ventilação e vedação com telas de proteção	Resíduo disposto em aterro para resíduos perigosos (classe I) de terceiros, em outro município de Minas Gerais
		B1, B2, E1	Material particulado e fuligem captada na chaminé do incinerador	5,9 t	IIA	Tambor metálico	Local em alvenaria, coberto, com piso impermeabilizado e fechamento lateral e aberturas para ventilação e vedação com telas de proteção	Resíduo disposto em aterro para resíduos perigosos (classe I) de terceiros, em outro município de Minas Gerais
Patos de Minas	Autoclave	A1, A2, A4	RSS processado	118242,68 t	IIB	Caçamba coberta	Local em alvenaria, coberto, com piso impermeabilizado e fechamento lateral e aberturas para ventilação	Aterro para resíduos perigosos - classe I de terceiros, em outro município fora do Estado de Minas Gerais
		B	Efluente líquido da autoclave	299 m³	Não aplicável	O efluente gerado na unidade é tratado em ciclo fechado aplicando agente floculador sulfato de alumínio e reuso da água tratada	Não há armazenamento temporário do resíduo gerado em decorrência do tratamento aplicado aos RSS neste empreendimento	O efluente gerado na unidade é tratado em ciclo fechado aplicando agente floculador sulfato de alumínio e reuso da água tratada

(Continuação)

Patos de Minas		E1	Lodo da estação de tratamento de efluente líquido da autoclave	0,04 m³	IIA	Bombona plástica	Local em alvenaria, coberto, com piso impermeabilizado e fechamento lateral e aberturas para ventilação e vedação com telas de proteção	Resíduo disposto em aterro para resíduos perigosos (classe I) de terceiros, em outro município de Minas Gerais
Prudente de Moraes	Incineração	A1	Cinzas escórias do incinerador	186,4 t	Classe II A - Não perigosos e não inertes	Caçamba coberta	Local em alvenaria, coberto, com piso impermeabilizado e fechamento lateral e aberturas para ventilação	Aterro Classe II, de Terceiros, fora do município da unidade de Tratamento
			Material particulado e fuligem captada na chaminé do incinerador	46,6 t	0	Caçamba coberta	Local em alvenaria, coberto, com piso impermeabilizado e fechamento lateral e aberturas para ventilação	Aterro Classe II, de Terceiros, fora do município da unidade de Tratamento
		B2	Efluente líquido do sistema de lavagem de gases do incinerador	0	Não aplicável	Não aplicável	Tanque de 3 m³ para Recirculação do efluente no Circuito Fechado de Água	Circuito Fechado de Recirculação
Santa Luzia	Autoclave	A1, A2, A4	RSS processado	3311,04 t	IIB	Caçamba coberta	Local em alvenaria, coberto, com piso impermeabilizado e fechamento lateral e aberturas para ventilação e vedação com telas de proteção	Resíduo disposto em aterro sanitário de outro município de Minas Gerais

(Continuação)

Santa Luzia		E1	Efluente líquido da autoclave	0,15 m³	Não aplicável	Tratado na ETE	Não há armazenamento temporário do resíduo gerado em decorrência do tratamento aplicado aos RSS neste empreendimento	-
			Lodo da estação de tratamento de efluente líquido da autoclave	8,5 t	I	Caminhão Tanque	Não há armazenamento temporário do resíduo gerado em decorrência do tratamento aplicado aos RSS neste empreendimento	O Lodo é hidrojateado e a mistura é enviada para estação de tratamento de efluentes
Santana do Paraíso	Autoclava seguida de aterro	A1, A4	RSS processado	110,64 t	I	Caçamba coberta	Não há armazenamento temporário do resíduo gerado em decorrência do tratamento aplicado aos RSS neste empreendimento	Resíduo disposto em aterro sanitário próprio
		E	Efluente líquido da autoclave	70 m³	Não aplicável	Caixa Coletora	Caixa coletora impermeabilizada com Polietileno de Alta Densidade, capacidade de mil litros	Efluente líquido encaminhado para tratamento prévio em ETE, com posterior lançamento em curso de água outorgado.
Simão Pereira	Incineração	A4, A5	Cinzas escórias do incinerador	51,27 t	I	Tambor de 200 L	Local em alvenaria, coberto, com piso impermeabilizado e fechamento lateral e aberturas para ventilação	Resíduo disposto em aterro para resíduos perigosos (classe I) de terceiros, em outro município de Minas Gerais
		B1, B2, B5, B6, E1	Lodo da estação de tratamento do efluente líquido do sistema de lavagem de gases	5,11 t	I	Tambor de 200 L	Local em alvenaria, coberto, com piso impermeabilizado e fechamento lateral e aberturas para ventilação	Resíduo disposto em aterro para resíduos perigosos (classe I) de terceiros, em outro município de Minas Gerais

(Continuação)

Timóteo	Incineração	A1, A2, A3, A4, A5	Cinzas escórias do incinerador	27 t	IIA	Tambor metálico	Local em alvenaria, coberto, com piso impermeabilizado e fechamento lateral e aberturas para ventilação	Resíduo disposto em aterro para resíduos perigosos (classe I) de terceiros, em outro município de Minas Gerais
		B1, B2, B3, B4, B5, B6, E1, E2	Lodo da estação de tratamento do efluente líquido do sistema de lavagem de gases	1,5 t	IIA	Tambor metálico	Local em alvenaria, coberto, com piso impermeabilizado e fechamento lateral e aberturas para ventilação	Resíduo disposto em aterro para resíduos perigosos (classe I) de terceiros, em outro município de Minas Gerais
Ubá	Incineração	A1, A2, A4	Cinzas escórias do incinerador	18,971 t	IIA	Tambor metálico	Local em alvenaria, coberto, com piso impermeabilizado e fechamento lateral e aberturas para ventilação e vedação com telas de proteção	Resíduo disposto em aterro para resíduos perigosos (classe I) de terceiros, em outro município de Minas Gerais
		B1, B2, E1	Material particulado e fuligem captada na chaminé do incinerador	5,6 t	I	Material é incinerado	Local em alvenaria, coberto, com piso impermeabilizado e fechamento lateral e aberturas para ventilação e vedação com telas de proteção	Resíduo disposto em aterro para resíduos perigosos (classe I) de terceiros, em outro município de Minas Gerais
Uberaba	Autoclave	A1, A4	RSS processado	555,38 t	IIA	Caçamba coberta	Não há armazenamento temporário do resíduo gerado em decorrência do tratamento aplicado aos RSS neste empreendimento	Resíduo disposto em aterro sanitário do município sede da UTDF
		E	Efluente líquido da autoclave	156 m³	Não aplicável	Bombona plástica	Caixa impermeabilizada de alvenaria	Efluente líquido lançado em corpo d'água superficial, após tratamento prévio

(Conclusão)

Uberlândia	Autoclave	A1, A4	RSS processado	1304,79 t	IIA	Caçamba coberta	Não há armazenamento temporário do resíduo gerado em decorrência do tratamento aplicado aos RSS neste empreendimento	Resíduo disposto em aterro sanitário do município sede da UTDF
		E	Efluente líquido da autoclave	539,38 m³	Não aplicável	Bombona plástica	Caixa impermeabilizada de alvenaria	Efluente líquido lançado em rede pública coletora de esgoto, sem tratamento prévio
Uberlândia	Incineração	A2, A3	Cinzas escórias do incinerador	48,6 t	IIA	Bombona plástica	Local em alvenaria, coberto, com piso impermeabilizado e fechamento lateral e aberturas para ventilação	Resíduo disposto em aterro para resíduos perigosos (classe I), de terceiros, em município fora de Minas Gerais
			Material particulado e fuligem captada na chaminé do incinerador	0,151 t	I	Câmara de pós-combustão e retenção de partículas	Lavador de Gases	Não declarado
			Efluente líquido do sistema de lavagem de gases do incinerador	39 m³	Não aplicável	-	Recirculação dos efluentes	O empreendimento apresenta sistema de reaproveitamento de água em circuito fechado
		B1, B2, B3, B4, B5	Lodo da estação de tratamento do efluente líquido do sistema de lavagem de gases	30,24 t	I	Bombona plástica	Bombona plástica	Resíduo disposto em aterro para resíduos perigosos (classe I), de terceiros, em município fora de Minas Gerais

Fonte: Gerência de Resíduos Especiais – GESPE/FEAM, 2016.

A partir da análise do Quadro 13 é possível observar a predominância da destinação final das cinzas e escórias do processo de incineração em aterro para resíduos perigosos – classe I, apesar de alguns empreendedores declararem que seus resíduos sejam classificados como resíduos não perigosos – classe II, de acordo com a classificação da NBR 10.004/2004.

Conforme ressaltado anteriormente, a Resolução CONAMA nº 316/2002 estabelece, no parágrafo 1º do Art. 43, que “as cinzas e escórias provenientes do processo de tratamento térmico, devem ser consideradas, para fins de disposição final, como resíduos Classe I – Perigoso”. A referida Resolução salienta ainda que, caso o órgão ambiental autorize, as cinzas e escórias podem ser dispostas como resíduos classe IIA ou classe IIB, se comprovada a inertização pelo operador.

Entretanto, em três dos treze incineradores foi declarado que as cinzas geradas no processo foram destinadas para aterro de resíduos classe II no ano de 2014. Contudo, como estão sendo realizadas vistorias nos empreendimentos, tais questões estão sendo verificadas, principalmente em relação à anuência do órgão ambiental permitindo tal destinação. Em dois dos três empreendimentos foi realizada vistoria no mês de novembro de 2016 e, em um deles, conforme informado pelos responsáveis pelo acompanhamento da vistoria, as cinzas oriundas do processo de incineração estão sendo encaminhadas para aterro de resíduos perigosos – classe I. Desta forma, acredita-se que pode ter ocorrido algum erro no momento do preenchimento da declaração por parte deste empreendimento.

Em relação aos efluentes líquidos oriundos dos equipamentos de controle de emissões atmosféricas a úmido existentes em algumas unidades de incineração, observa-se que na maioria dos empreendimentos os efluentes são recirculados para o processo, sendo contidos, em alguns casos, em tanques de armazenamento, para correção de pH. Somente em um empreendimento foi declarado que, após o efluente ser tratado na unidade, o mesmo é lançado em corpo d'água superficial. Quanto ao lodo, quando gerado, foi declarado pela maioria dos empreendimentos, que os mesmos são encaminhados para aterro classe I, após secagem no leito.

Quanto aos RSS processados nas autoclaves observa-se que a maioria é destinada para aterros sanitários do próprio município, com ressalva de alguns empreendimentos que destinam os resíduos para disposição em aterro para resíduos não perigosos (classe II) e mesmo para aterros de resíduos perigosos (classe I).

Em relação aos efluentes da autoclave, nota-se que alguns empreendimentos realizam tratamento dos efluentes na própria unidade e realizam a recirculação dos mesmos para o processo ou os encaminham para corpo d'água superficial. Outros empreendimentos encaminham os efluentes da autoclave diretamente para a própria rede coletora de esgoto da concessionária local. Em apenas um empreendimento o efluente é coleta e tratado por empresa terceirizada e, posteriormente, lançado na rede pública coletora de esgoto. Ressalta-se que tais questões relativas à destinação final dos resíduos e efluentes oriundos do processo estão sendo verificados durante a vistoria nos empreendimentos. Além disso, como continuidade do projeto em questão, pretende-se avaliar os registros de monitoramento dos efluentes que normalmente são encaminhados para o órgão ambiental, como cumprimento de condicionantes do licenciamento ambiental.

5.4.3 Destinação final dos resíduos de serviços de saúde – Ano base 2015

As Declarações da Gestão dos RSS foram analisadas, mas ainda está em andamento a notificação pela Gerência de Resíduos Especiais da Feam dos empreendimentos para correção, complementação e/ou esclarecimento das informações incompletas ou inconsistentes. Cerca de 18 empreendimentos já encaminharam as Declarações retificadas.

As Declarações encaminhadas, mesmo com problemas, permitem realizar uma análise qualitativa das formas de destinação. As formas de destinação final dos RSS identificadas nas declarações até o momento foram: Autoclave; Incineração; e Incineração e Aterro classe I.

Até o momento foram identificados 648 municípios declarados nas declarações retificadas, referentes ao ano base 2015, representando uma população de 19.021.313 habitantes. Nota-se que, apesar dos quantitativos ultrapassarem os valores apresentados na análise dos dados das declarações referentes ao ano base 2014, alguns empreendimentos ainda não encaminharam a

retificação da declaração, mesmo após notificação por ofício. Além disso, ressalta-se que as declarações preenchidas pelos empreendimentos públicos ainda não constam na compilação dos dados, devido a alguns esclarecimentos e complementação dos dados que ainda serão questionados. Desta forma, espera-se que estes quantitativos sejam ainda mais representativos, principalmente em relação à população de Minas Gerais.

6 CONCLUSÃO

A Declaração da Gestão dos RSS mostra-se uma ferramenta de gestão de grande relevância, por permitir a obtenção de informações sobre o gerenciamento e o fluxo dos RSS no estado de Minas Gerais.

Ao comparar os dados quantitativos obtidos na análise das declarações referentes ao ano base 2014 com os quantitativos obtidos na análise das declarações ano base 2013, observa-se um avanço de 4% na representatividade dos dados dos municípios declarados. Além disso, a quantidade de RSS declarada no ano base 2013 foi bem maior que o quantitativo declarado no ano base 2014, o que demonstra um ponto positivo, caso os geradores estejam realizando a segregação correta e encaminhando para tratamento apenas os RSS que necessitam de tratamento. Em relação à RMBH também se verifica esta tendência de diminuição dos quantitativos de RSS encaminhados para tratamento, fato que pode estar relacionado ao fim da vida útil da célula de disposição de RSS do aterro sanitário da Superintendência de Limpeza Urbana de Belo Horizonte, fazendo com que os geradores procurem realizar uma segregação mais adequada.

Apesar do envio de declarações por 22 empreendimentos privados e 14 empreendimentos públicos referente ao ano base de 2014, em grande parte dos municípios de Minas Gerais a destinação dos RSS é desconhecida, principalmente quanto à disposição em aterro sanitário ou célula de disposição especial. Contudo, diante do envio do Ofício Circular nº 002/2015, solicitando informações específicas sobre a destinação final de RSS, foi observado um maior número de declarações encaminhadas pelos municípios, referente ao ano base 2015. Desta forma, é esperado que aumente a representatividade dos municípios do estado após a compilação dos dados das declarações de RSS referente ao ano base 2015.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL – ABDI. **Logística reversa para o setor de medicamentos**. Brasília: ABDI, 2013. Disponível em: < <http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/6035fe804362f6fbaca0be0eb77d2a7a/Log%C3%ADstica+Reversa+de+Medicamentos.pdf?MOD=AJPERES>>. Acesso em: 12 maio. 2016.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA - ANVISA. **Manual sobre Gerenciamento de Resíduos de Serviços da Saúde**. Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 182 p.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA - ANVISA. **Resolução da Diretoria Colegiada - RDC nº 306 de 07 de dezembro de 2004**. Dispõe sobre o Regulamento Técnico para o gerenciamento de resíduos de serviços de saúde. Publicada no D.O.U. – Diário Oficial da União; Poder Executivo, de 10 de dezembro de 2004.

AIRES, Raquel Dias. *et al.* **Pirólise**. III Fórum de Estudos Contábeis. São Paulo, 2003. Disponível em: < <http://docplayer.com.br/8739176-Pirolise-iii-forum-de-estudos-contabeis-2003.html>>. Acesso em: 07 jul. 2016.

ANGELES, Pablo Jenner Paredes. **Estudo de tochas de plasmas através da teoria da similaridade**. Dissertação (Tese para obtenção do grau de mestre em Física). São Paulo: UNICAMP, 2003.

ARANDA, D.A.G. **A incineração controlada de resíduos sólidos – status mundial**. Rio de Janeiro: 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS – ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2014**. São Paulo: Grappa Editora e Comunicação, 2015. 112p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS – ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2015**. São Paulo, 2016. 92p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL – ABES. **Primeira norma nacional de logística reversa de medicamentos descartados pelo consumidor entra em consulta pública**. ABES, 2015. Disponível em: < <http://abes-dn.org.br/?p=571>>. Acesso em: 23 maio. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 12.235:1992**. Armazenamento de resíduos perigosos. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 11.175:1990**. Incineração de resíduos sólidos perigosos – Padrões de desempenho. Rio de Janeiro: ABNT, 1990.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Catálogo de normas**. 2016. Disponível em: < <https://www.abntcatalogo.com.br/>>. Acesso em: 26 out. 2016.

ASSOCIAÇÃO DO COMÉRCIO FARMACÊUTICO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO – ASCOFERJ. **ABNT vai lançar norma com os procedimentos corretos para o descarte seguro de medicamentos**. Rio de Janeiro: Revista da Farmácia, 2016. Disponível em: < <http://www.ascoferj.com.br/noticias/abnt-vai-lancar-norma-com-os-procedimentos-corretos-para-o-descarte-seguro-do-medicamento/>>. Acesso em: 23 maio. 2016.

ASSOCIAÇÃO PAULISTA DE ESTUDOS E CONTROLE DE INFECÇÃO HOSPITALAR – APECIH. **Esterilização de artigos em unidades de saúde**. São Paulo: APECIH, 1998 *apud* BANCO MUNDIAL. **Estudo de baixo carbono para o Brasil: Relatório de síntese técnica – resíduos**. São Paulo, 2010. 114 p. Disponível em: < siteresources.worldbank.org/BRAZILINPOREXTN/.../Relatorio_Principal_integra_Portugues.pdf >. Acesso em: 13 abr. 2016.

BAMPI, Janaína. *et al.* **Resíduos de filmes radiológicos: vamos falar sobre isso**. Rio Grande do Sul: Unidade Integrada Vale do Taquari de Ensino Superior, 2013. Disponível em: < https://www.univates.br/tecnicos/media/artigos/artigo_janaina_bampi.pdf>. Acesso em: 13 abr. 2016.

BARBOZA, Alex. **Gestão de rejeitos radioativos em serviços de medicina nuclear**. Dissertação (Mestrado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear). São Paulo: IPEN – Autarquia associada à Universidade de São Paulo, 2009. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/mwginternal/de5fs23hu73ds/progress?id=gFHy0Iu5PfXM7zQSVSsSRUGFHCICJt7XqWDA1-qXY4>>. Acesso em: 23 mar. 2016.

BARROS, Regina Mambeli. **Tratado sobre resíduos sólidos: gestão, uso e sustentabilidade**. Rio de Janeiro: Interciência, 2012.

BETIM, Luiza Silva. **Relatório de visita técnica na UTR - Unidade de Tratamento de Resíduos S.A – São Paulo**. São Paulo, 2016. Relatório.

BRASIL. **Constituição da República Federal do Brasil de 1988**. Texto constitucional de 5 de outubro de 1988. Brasília: Senado Federal, 1994. 230p. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm>. Acesso em: 15 fev. 2016.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Publicada no D.O.U – Diário Oficial da União, em 3 de agosto de 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 19 fev. 2016.

BRASIL. **Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010**. Regulamenta a Lei no 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e dá outras providências. Publicada no

D.O.U – Diário Oficial da União, em 23 de dezembro de 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/decreto/d7404.htm>. Acesso em: 20 maio. 2016.

BRIDGWATER, A. V. Review of fast pyrolysis of biomass and product upgrading. *Biomass and Energy*, v. 38, p. 68-94, 2012 *apud* TÔRRES FILHO, Artur. **Aplicação do processo de pirólise para valoração, cogeração de energia e tratamento de resíduos**. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos). Belo Horizonte: Universidade Federal do Estado de Minas Gerais, 2014. Disponível em: <<http://www.smarh.eng.ufmg.br/defesas/125M.PDF>>. Acesso em: 15 jun. 2016.

CADASTRO NACIONAL DE ESTABELECIMENTOS DE SAÚDE – CNES. **Consultas**. Disponível em: <<http://cnes2.datasus.gov.br/Index.asp?home=1>>. Acesso em: 12 abr. 2015.

CANAAN, Josiane M. M. *et al.* **Avaliação do processo de esterilização por autoclavagem utilizando indicadores biológico e químico**. São Paulo: Universidade Estadual Paulista Júlia de Mesquita Filho, 2010.

CASTRO, Adirson Monteiro de. **Avaliação do perfil dos resíduos de serviços de saúde de Belo Horizonte quanto à presença de rejeitos radioativos na destinação final**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia das Radiações, Minerais e Materiais). Comissão Nacional de Energia Nuclear – Centro de Desenvolvimento de Energia Nuclear. Belo Horizonte, 2005. Disponível em: <http://www.bdt.dctn.br/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=26>. Acesso em: 22 mar. 2016.

CHIRICO, Vincent Di. **Incineração de resíduos urbanos**. 1996. Atualização: GANDOLLA, Mauro. 2013.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR – CNEN. **Norma CNEN NN 8.01**. Estabelece os critérios gerais e requisitos básicos de segurança e proteção radiológica relativos à gerência de rejeitos radioativos de baixo e médio níveis de radiação, bem como de rejeitos radioativos de meia-vida muito curta. Publicada no D.O.U – Diário Oficial da União nº 91, de 15 de maio de 2014, Seção 1, página 7.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. **Norma Técnica E15.010, de outubro de 2011**. Fixa condições para aceitação da operação de sistemas de tratamento térmico sem combustão de resíduos de serviços de saúde do grupo A (exceto os resíduos dos subgrupos A3 e A5) e do grupo E contaminados biologicamente, classificados de acordo com a Resolução CONAMA nº 358, de 29 de abril de 2005. Publicada no Diário Oficial do Estado de São Paulo, de 25 de janeiro de 2012, Seção I, páginas 59 a 61.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. **Norma Técnica E15.011, de fevereiro de 1997**. Fixa condições exigíveis para aceitação de um sistema de incineração de resíduos infectantes provenientes de estabelecimentos de serviços de saúde. São Paulo: 1997.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS - COPASA. **Norma técnica T.187/5, de 15 de janeiro de 2014**. Lançamento de efluentes líquidos não domésticos no

Sistema de Esgotamento Sanitário da Copasa. Disponível em: <<http://www.copasa.com.br/wps/wcm/connect/d8ad6d32-a0c6-46f7-a3cd-94bdc93a7d6b/T-187-5.pdf?MOD=AJPERES>>. Acesso em: 04 dez. 2015.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. **Resolução nº 358, de 29 de abril de 2005**. Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências. Publicada no D.O.U. – Diário Oficial da União nº 84, de 4 de maio de 2005, Seção 1, páginas 63-65.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. **Resolução nº 316, de 29 de outubro de 2002**. Dispõe sobre procedimentos e critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos. Publicada no D.O.U. – Diário Oficial da União nº 224, de 20 de novembro de 2002, Seção 1, páginas 92-95.

CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL - COPAM. **Deliberação Normativa COPAM nº 74, de 9 de setembro de 2004**. Estabelece critérios para classificação, segundo o porte e potencial poluidor, de empreendimentos e atividades modificadoras do meio ambiente passíveis de autorização ambiental de funcionamento ou de licenciamento ambiental no nível estadual, determina normas para indenização dos custos de análise de pedidos de autorização ambiental e de licenciamento ambiental, e dá outras providências. Imprensa Oficial de Minas Gerais - Diário do Executivo. Publicada em 02 de outubro de 2004 e retificada em 05 de fevereiro de 2005. Disponível em: <http://sisemanet.meioambiente.mg.gov.br/mbpo/recursos/DeliberaNormativa74.pdf>. Acesso em: 04 dez. 2015.

CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL - COPAM. **Deliberação Normativa COPAM nº 171, de 22 de dezembro de 2011**. Estabelece diretrizes para sistemas de tratamento e disposição final adequada dos resíduos de serviços de saúde no Estado de Minas Gerais, altera o anexo da Deliberação Normativa COPAM nº 74, de 09 de setembro de 2004, e dá outras providências. Publicada na Imprensa Oficial de Minas Gerais - Diário do Executivo, de 23 de dezembro de 2011. Disponível em: http://www.feam.br/images/stories/2015/RSS/DN_171_2011_SIAM.pdf. Acesso em: 04 dez. 2015.

COORDENAÇÃO DE CONTROLE DE INFECÇÃO HOSPITALAR - CCIH. **Esterilização de artigos em unidades hospitalares**. Rio de Janeiro: Coordenação de Controle de Infecção Hospitalar - CCIH/ Hospital Universitário Clementino Fraga Filho - HUFF/ Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, 2013. Disponível em: <<http://www.hucff.ufrj.br/download-de-arquivos/category/9-ccih?download=249:orientacoes-e-recomendacoes>>. Acesso em: 01 mar. 2016.

COSTA, Fernando Córner da. **Perspectivas da incineração de resíduos de serviços de saúde com uso de atmosferas ricas em oxigênio**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos). São Caetano do Sul: Instituto Mauá de Tecnologia, 2007.

CUSSIOL, Noil Amorim de Menezes. **Sistema de gerenciamento interno de resíduos de serviços de saúde**: estudo para o Centro Geral de Pediatria de Belo Horizonte. Dissertação

(Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos). Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2000. Disponível em: <<http://www.resol.com.br/textos/Gerenciamento%20interno%20de%20residuos%20de%20servicos%20de%20saude.pdf>>. Acesso em: 15 jun. 2016.

CUSSIOL, Noil Amorim de Menezes. **Curso de capacitação para gestão e gerenciamento de resíduos de serviços de saúde**. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2016. Slide.

DEMPSEY, C. R; OPPELT, E. T. **Incineração de resíduos perigosos: uma visão crítica atual**. Traduzido por Milton Norio Sogobe. São Paulo: CETESB/EET, 1999. 78 p. Título original: *Incineration of hazardous waste: a critical review update apud* COSTA, Fernando Córner da. **Perspectivas da incineração de resíduos de serviços de saúde com uso de atmosferas ricas em oxigênio**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos). São Caetano do Sul: Instituto Mauá de Tecnologia, 2007.

DIAS, Louise Maria Aniceto. *et al.* **Incineração de resíduos de serviços de saúde – lixo hospitalar: uma oportunidade de receita para o Hospital Escola de Itajubá**. Rio de Janeiro: Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia – SEGeT, 2009. Disponível em: <http://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos09/274_274_Artigo_Seget.pdf>. Acesso em: 16 mar. 2016.

ECOVITAL. *Usina de incineração*. Sarzedo, 2016. Disponível em: <<http://www.ecovital.eco.br/>>. Acesso em: 26 out. 2016.

ELEUTÉRIO, João Pedro Lima. *et al.* **Gerenciamento eficaz no tratamento dos resíduos de serviços de saúde – estudo de duas tecnologias térmicas**. Rio de Janeiro: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2006. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_TN_STP_069_490_11445.pdf>. Acesso em: 18 fev. 2016.

ESSENCIS. **Guia rápido para contratação de aterro classe I**. Betim, 2016. Disponível em: <http://media.wix.com/ugd/5c8c5e_d620c7c0873e469f88ee85ad1d2acdc4.pdf>. Acesso em: 26 out. 2016.

FARIAS, Leila Maria Mattos de. **Impasses e possibilidades do gerenciamento de resíduos de serviços de saúde no Brasil: um estudo de caso no centro de saúde escola Germano Sinval Faria – ENSP – FIOCRUZ**. Rio de Janeiro: Fundação Oswaldo Cruz – Escola Nacional de Saúde Pública, Departamento de Saneamento e Saúde Ambiental, 2005. Disponível em: <<http://arca.icict.fiocruz.br/bitstream/icict/4893/2/836.pdf>>. Acesso em: 29 fev. 2016.

FELIPINI, C.L. Noções sobre plasma térmico e suas principais atribuições. **Interação**, São Paulo, n. 41, p. 147-151, abr./jun. 2005 *apud* GASPERI, Joseâni Inês. **Aplicações do plasma térmico e descarga corona para eliminação de resíduos ambientalmente perigosos**. Monografia (Bacharel em Química). Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2008. Disponível em: <

https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/105013/Joseani_Ines_Gaspero.PDF?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 15 abr. 2016.

FERNANDES, Paulo Sérgio. **Gestão das fontes estacionárias de poluição atmosférica.** Emissões atmosféricas. Cap. 3. 2003. Disponível em: <http://ad.rosana.unesp.br/docview/directories/Arquivos/Cursos/Apoio%20Did%C3%A1tico/Leonardo%20Lataro%20Paim/Combustao%20e%20Combustiveis/Livro_TGA-EA-_cap_3_Fontes_Fixas.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2016.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE – FEAM. **Orientações técnicas para atendimento à deliberação Normativa 118/2008 do Conselho Estadual de Política Ambiental.** 3 ed. Belo Horizonte: FEAM, 2008. 46 p.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE – FEAM. **Estado da arte do tratamento térmico de resíduos sólidos urbanos com geração de energia elétrica.** Belo Horizonte: FEAM, 2010. 294 p.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE – FEAM. **Plano de melhorias das técnicas de operação das unidades de tratamento térmico e disposição final de resíduos de serviços de saúde instalados no Estado de Minas Gerais.** Belo Horizonte: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG, 2012a. Trabalho não publicado.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE – FEAM. **Aproveitamento energético de resíduos sólidos urbanos: guia de orientação para governos municipais de Minas Gerais.** Belo Horizonte: FEAM, 2012b.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE - FEAM. **Panorama da destinação dos resíduos sólidos urbanos no Estado de Minas Gerais em 2014 / Fundação Estadual do Meio Ambiente.** Belo Horizonte: FEAM, 2015. 52 p.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE - FEAM. **Panorama da destinação dos resíduos de serviços de saúde no Estado de Minas Gerais com base nas declarações da gestão dos resíduos de serviços de saúde (ano base 2013).** Belo Horizonte: FEAM, 2016. 104 p.

GALVÃO, Maria Aparecida. *et al.* **Eficácia da descontaminação de resíduos biológicos infectantes de laboratórios de microbiologia após tratamento térmico por autoclavagem.** Rio de Janeiro: Engenharia Sanitária e Ambiental. vol. 18. n.4, 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522013000400323>. Acesso em: 01 mar. 2016.

GASPERI, Joseâni Inês. **Aplicações do plasma térmico e descarga corona para eliminação de resíduos ambientalmente perigosos.** Monografia (Bacharel em Química). Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2008. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/105013/Joseani_Ines_Gaspero.PDF?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 15 abr. 2016.

GOMES, Marcel dos Santos. **Produção de bio-óleo através do processo termoquímico de pirólise**. São Paulo: Faculdade de Araçatuba, 2010 *apud* FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE – FEAM. **Aproveitamento energético de resíduos sólidos urbanos: guia de orientação para governos municipais de Minas Gerais**. Belo Horizonte: FEAM, 2012.

GOSHIMA, T.; HORI, K.; YAMAMOTO, A. **Recovery of silver from radiographic fixer**. Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology, Tokio, Japan, vol. 77, number 6, p. 684-688, 1994 *apud* KURPIEL, Alessandra Maria dos Santos. **Tratamento do efluente gerado na etapa de fixação de radiografias**. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Materiais). Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2008. Disponível em: <<http://www.pipe.ufpr.br/portal/defesas/dissertacao/154.pdf>>. Acesso em: 14 abr. 2016.

GRACIANI, Fernanda Silva; FERREIRA, Gabriel Luis Bonora Vidrih. **Descarte de medicamentos: panorama da logística reversa no Brasil**. Revista Espacios. Vol. 35. n. 5. 2014. Disponível em: <<http://www.revistaespacios.com/a14v35n05/14350411.html>>. Acesso em: 20 maio. 2016.

GUILHERME, Adriana Hoerner Lopez. **Estudos das reações durante a incineração de resíduos químicos – aspectos cinético e termodinâmico**. Dissertação (Pós Graduação em Química). Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2000. Disponível em: <http://acervodigital.ufpr.br/mwg-internal/de5fs23hu73ds/progress?id=Aj8Un_3DLaYbCLkpmPV6OOjrJYwe5zYpbURqHfG3LIY>. Acesso em: 02 maio. 2016.

HEALTH CARE WITHOUT HARM – HCWH *apud* FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE – FEAM. **Plano de melhorias das técnicas de operação das unidades de tratamento térmico e disposição final de resíduos de serviços de saúde instalados no Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG, 2012. Trabalho não publicado.

HENRIQUES, Rachel Martins. **Aproveitamento energético dos resíduos sólidos urbanos: uma abordagem tecnológica**. Dissertação (Mestrado em Ciências em Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2004 *apud* ARANDA, D.A.G. **A incineração controlada de resíduos sólidos – status mundial**. Rio de Janeiro: 2001.

IWAI, Cristiano Kenji. **Tecnologias de tratamento e disposição final de resíduos de serviços de saúde**. Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. São Paulo: CETESB, 2009. Disponível em: <<http://ingenieria.udea.edu.co/memoriastallerresiduo SSA LUD/TALLER%20NACIONAL%20BOGOTA/CI-MIN-888-2009%20Tecnologias%20de%20Tratamiento%20RHS%20CETESB.pdf>>. Acesso em: 25 abr. 2016.

KAWAGUTI, Roberta Shizuko. *et. al.* **Logística reversa: um estudo das radiografias (chapas de raio X) na cidade de São Paulo**. Reunir – Revista de Administração, Contabilidade e Sustentabilidade. v.2. n.4. p.35-49. set-dez/2012. Disponível em: <

<http://revistas.ufcg.edu.br/reunir/index.php/uacc/article/download/87/pdf>>. Acesso em: 14 abr. 2016.

KOUTSOSPYROS, A. *et al.* Destruction of hydrocarbons in non-thermal, ambient-pressure, capillary discharge plasmas, **International Journal of Mass Spectrometry**, 233, p. 305-315, 2004 *apud* GASPERI, Joseâni Inês. **Aplicações do plasma térmico e descarga corona para eliminação de resíduos ambientalmente perigosos**. Monografia (Bacharel em Química). Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2008. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/105013/Joseani_Ines_Gasper.PDF?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 15 abr. 2016.

KURPIEL, Alessandra Maria dos Santos. **Tratamento do efluente gerado na etapa de fixação de radiografias**. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Materiais). Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2008. Disponível em: <<http://www.pipe.ufpr.br/porta1/defesas/dissertacao/154.pdf>>. Acesso em: 14 abr. 2016.

LEITE, Layslla Sâmara Sousa Barbosa. **Análise técnica e econômica de processos de tratamento de resíduos de serviços de saúde**. Brasília: Universidade Católica de Brasília, 2012. Disponível em: <<http://repositorio.ucb.br/jspui/bitstream/10869/4485/1/Layslla%20S%C3%A2mara%20Sousa%20Barbosa%20Leite.pdf>>. Acesso em: 11 mar. 2016.

LIMA, Luiz Mário Queiroz. **Lixo: tratamento e biorremediação**. São Paulo: Hemus Editora Ltda, 1995. 265 p. *apud* FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE – FEAM. **Aproveitamento energético de resíduos sólidos urbanos: guia de orientação para governos municipais de Minas Gerais**. Belo Horizonte: FEAM, 2012.

LORA, Electo Eduardo Silva. **Prevenção e controle de poluição nos setores energético, industrial e de transporte**. 2 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2002.

MAMEDE, Ricardo Mota. **A importância da validação de equipamentos na CME (Central de Materiais e Esterilização)**. São Paulo: Newval Validação e Manutenção SC, 20-?. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/89ae0c80474574e88329d73fbc4c6735/ap_6.ppt?MOD=AJPERES>. Acesso em: 16 maio. 2016.

MATTIOLI, Carlos Eduardo; SILVA, Celso Luiz da. **Avaliação de parâmetros na implantação de processos para tratamento de resíduos sólidos de serviços de saúde**. In: VI Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Espírito Santo: Associação Brasileira de Engenharia Ambiental, 2002. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/sibesa6/cxxxiii.pdf>>. Acesso em: 24 fev. 2016.

MAVROPOULUS, Antonis. **Estudo para gestão de resíduos de serviços de saúde no Brasil**. Grécia: Environmental Planning Engineering and Management – EPEM, 2010. Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/arqfonts/estudo_gestao_saude.pdf>. Acesso em: 18 fev. 2016.

MESSANO, Accácia Júlia Guimarães Pereira. **Esterilização calor úmido**: valor saturado sob pressão. Belo Horizonte: UFMG, 2010. Disponível em: <<http://accaciamessano.com.br/wp-content/plugins/download-monitor/download.php?id=5>>. Acesso em: 01 mar. 2016.

MINAS GERAIS. **Lei nº 18.031, de 12 de janeiro de 2009**. Dispõe sobre a Política Estadual de Resíduos Sólidos. Publicada na Imprensa Oficial de Minas Gerais – Diário Executivo, em 13 de janeiro de 2011. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=9272>>. Acesso em: 19 fev. 2016.

MINAS GERAIS. **Decreto nº 45.825, de 20 de março de 2011**. Contém o estatuto da Fundação Estadual do Meio Ambiente – FEAM. Publicado na Imprensa Oficial de Minas Gerais - Diário do Executivo, de 21 de dezembro de 2011. Disponível em: <<http://www.feam.br/images/stories/institucional/decreto%2045825.pdf>>. Acesso em: 19 fev. 2016.

MINAS GERAIS. **Lei nº 21.972, de 21 de janeiro de 2016**. Dispõe sobre o Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – Sisema – e dá outras providências. Publicado na Imprensa Oficial de Minas Gerais – Diário do Executivo, em 22 de janeiro de 2016. Disponível em: <<https://www.almg.gov.br/consulte/legislacao/completa/completa.html?tipo=LEI&num=21972&comp=&ano=2016>>. Acesso em: 06 abr. 2016.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Saúde ambiental e gestão de resíduos de serviços de saúde**. Brasília: Ministério da Saúde – Projeto Reforço à Reorganização do Sistema Único de Saúde, 2001. 120 p. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/Manual_RSS_Parte1.pdf>. Acesso em: 28 jan. 2016.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Gerenciamento de resíduos de serviços de saúde**. Brasília: Ministério da Saúde – Projeto Reforço à Reorganização do Sistema Único de Saúde, 2002. 450 p. Unidade 5. Disponível em: <<http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/UNIDADE05.PDF>>. Acesso em: 29 jan. 2016.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Orientações gerais para Central de Esterilização**. Secretaria de Assistência à Saúde – Coordenação Geral das Unidades Hospitalares Próprias do Rio de Janeiro. Brasília: Ministério da Saúde, 2001. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/orientacoes_gerais_central_esterilizacao_p2.pdf>. Acesso em: 17 mar. 2016.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria nº 1.646, de 2 de outubro de 2015**. Institui o Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde (CNES). Publicado no Diário Oficial da União, em 5 de outubro de 2015. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2015/prt1646_02_10_2015.html>. Acesso em: 12 abr. 2016.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. **Edital nº 02/2013**: chamamento para a elaboração de acordo setorial para a implementação de sistema de logística reversa de medicamentos. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2013. Disponível em:

<http://www.mma.gov.br/images/editais_e_chamadas/SRHU/2013/edital_02_2013_chamamento_medicamentos_logistica_reversa.pdf>. Acesso em: 23 maio. 2016.

MOL, Marcos Paulo Gomes. **A incineração de resíduos de serviços de saúde no município de Belo Horizonte/MG e a responsabilidade compartilhada**. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia. Belo Horizonte: UFMG, 2011.

MONTEIRO, José Henrique Penido. *et al.* **Lixo municipal**: manual de gerenciamento integrado. São Paulo: IPT, 2000. 370 p. Disponível em: <<http://www.resol.com.br/cartilha4/manual.pdf>>. Acesso em: 09 mar. 2016.

NOVAK, F.R. **Autoclavagem**. Instituto Fernandes Figueira. Rio de Janeiro: FIOCRUZ, 2008 *apud* ELEUTÉRIO, João Pedro Lima. *et al.* **Gerenciamento eficaz no tratamento dos resíduos de serviços de saúde** – estudo de duas tecnologias térmicas. Rio de Janeiro: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2006. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_TN_STP_069_490_11445.pdf>. Acesso em: 18 fev. 2016.

ODA, T.; Non-thermal plasma processing for environmental protection: decomposition of dilute VOCs in air. **Journal of Electrostatics**, 57, p. 293-311, 2003 *apud* GASPERI, Joseâni Inês. **Aplicações do plasma térmico e descarga corona para eliminação de resíduos ambientalmente perigosos**. Monografia (Bacharel em Química). Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2008. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/105013/Joseani_Ines_Gasperi.PDF?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 15 abr. 2016.

OXYS. **Decompositor termomagnético**. Lagoa Santa, 20--. Folder.

PENNA, Thereza Christina Vessoni. *et al.* **Validação de processos de esterilização**. Conceitos básicos. Laes & Shaes, v. 15, n. 88, p. 46-48. 1994. Disponível em: <http://www.sti.fcfc.usp.br/Departamentos/FBT/HP_Professores/Penna/Projetos/No garotoPenna 04.pdf>. Acesso em: 18 abr. 2016.

RIBEIRO, Vanessa Monteiro. **Avaliação preliminar da recuperação de prata de fixadores fotográficos e radiográficos por cementação**. Rio de Janeiro: XIII Jornada de Iniciação Científica – CETEM, 2005. Disponível em: <<http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/handle/cetem/775/Vanessa%20Monteiro%20Ribeiro.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 14 abr. 2016.

RIGATO, Paulo Constante. **Estudo da composição da alimentação de um incinerador rotativo visando aumento da capacidade operacional**. 2008. 82 f. Dissertação (Mestrado – Curso de Administração de Organizações), Departamento de Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos. São Caetano do Sul: Centro Universitário de Mauá, 2008. Disponível em: <<http://maua.br/files/dissertacoes/estudo-da-composicao-da-alimentacao-de-um-incinerador-rotativo-de-residuos.pdf>>. Acesso em: 15 abr. 2016.

ROCHA, Luis Felipe Lino. **Análise comparativa das tecnologias empregadas para tratamento de resíduos de serviços de saúde no Brasil**. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso para obtenção do título de bacharel em Gestão Ambiental). Planaltina: Universidade de Brasília, 2012. Disponível em: <http://bdm.unb.br/bitstream/10483/4086/1/2012_LuisFelipeLinoRocha.pdf>. Acesso em: 28 mar. 2016.

SCHNEIDER, Vania Elisabete; STEDILE, Nilva Lúcia Rech. **Resíduos de serviços de saúde: um olhar interdisciplinar sobre o fenômeno**. 3 ed. Caxias do Sul: Educs, 2015.

SECRETARIA DE ESTADO DE SAÚDE DE MINAS GERAIS – SES-MG. **Adscrição dos municípios de Minas Gerais aos respectivos territórios assistenciais definidos pelo Plano Diretor de Regionalização: microrregiões e macrorregiões**. Disponível em: <<http://www.saude.mg.gov.br/parceiro/regionalizacao-pdr2>>. Acesso em: 12 abr. 2015.

SECRETARIA DE ESTADO DE SAÚDE DE SÃO PAULO – SES-SP. **Portaria Centro de Vigilância Sanitária – CVS nº 21, de 10 de setembro de 2008**. Aprova a norma técnica sobre gerenciamento de resíduos perigosos de medicamentos em serviços de saúde. Disponível em: <<http://www.cvs.saude.sp.gov.br/pdf/08pcvs21.pdf>>. Acesso em: 06 maio. 2016.

SILVA, Arilson Pinheiro da. **Recuperação da prata a partir de fixadores exauridos por eletrólise**. Rio de Janeiro: Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 2006. Disponível em: <http://www.uenf.br/intranet/moodle/file.php/126/Monografia_Pinheiro_da_Silva.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2016.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE A GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS – SINIR. **Logística reversa**. Disponível em: <<http://sinir.gov.br/web/guest/logistica-reversa>>. Acesso em: 23 maio. 2016.

SOBRAL, L. G.S; GRANATO, M. **Recuperação da prata de fixadores fotográficos**. Série Tecnologia Mineral. Brasília: DNPM, 1984. Disponível em: <http://www2.cetem.gov.br/publicacoes/serie-tecnologiamineral/item/download/338_9d38d27c1f837f88c070e3680b169bc6>. Acesso em: 20 abr. 2016.

SOUZA, Alexandre Pereira. **Análise da capacidade atual de tratamento e disposição final de resíduos de serviço de saúde gerados no Estado do Rio de Janeiro, com recorte da Região Hidrográfica do Guandu**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro/Corpo Docente do Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (UFRJ/COPPE), 2011.

SOUZA, Tânia Cristina. *et al.* **Diagnóstico do gerenciamento de resíduos de serviços de saúde em estabelecimentos públicos de municípios que recebem Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços ecológico no Estado de Minas Gerais**. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES). v.20. n.4. 2015. p.571-580. Disponível em:

<<http://www.scielo.br/pdf/esa/v20n4/1413-4152-esa-20-04-00571.pdf>>. Acesso em: 15 fev. 2016.

STATE AND TERRITORIAL ASSOCIATION ON ALTERNATIVE TREATMENT TECHNOLOGIES – STAATT. **Technical Assistance Manual**: state regulatory oversight of medical waste treatment technologies. California: EPRI Project Manager, 1994 *apud* AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA – ANVISA. **Resolução da Diretoria Colegiada - RDC nº 306 de 07 de dezembro de 2004**. Dispõe sobre o Regulamento Técnico para o gerenciamento de resíduos de serviços de saúde. Publicada no D.O.U. – Diário Oficial da União; Poder Executivo, de 10 de dezembro de 2004.

SUHARA, R.K. **Curso pg. engenharia de controle da poluição ambiental**: tecnologia de controle da poluição do ar. São Paulo, FAAP/CECUR, [1997?]. Apostila de curso *apud* FERNANDES, Paulo Sérgio. **Gestão das fontes estacionárias de poluição atmosférica**. Emissões atmosféricas. Cap. 3. 2003. Disponível em: <http://ad.rosana.unesp.br/docview/directories/Arquivos/Cursos/Apoio%20Did%C3%A1tico/Leonardo%20Lataro%20Paim/Combustao%20e%20Combustiveis/Livro_TGA-EA-_cap_3_Fontes_Fixas.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2016.

SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE REGULARIZAÇÃO AMBIENTAL CENTRAL METROPOLITANA – SUPRAM CENTRAL. **Parecer único nº 413/2012**. Refere-se ao licenciamento ambiental do empreendimento Oxys Ambiental. Belo Horizonte, 2012.

TÔRRES FILHO, Artur. **Aplicação do processo de pirólise para valoração, cogeração de energia e tratamento de resíduos**. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos). Belo Horizonte: Universidade Federal do Estado de Minas Gerais, 2014. Disponível em: <<http://www.smarh.eng.ufmg.br/defesas/125M.PDF>>. Acesso em: 15 jun. 2016.

UNIÃO EUROPEIA. **Diretiva 2010/75/UE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 24 de novembro de 2010**. Relativa às emissões industriais (prevenção e controle integrado da poluição). Jornal Oficial da União Européia. Publicada em 17 de dezembro 2010. Disponível em: <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:334:0017:0119:pt:PDF>>. Acesso em: 20 mar. 2016.

U.S. EPA. **Engineering Handbook on Hazardous Waste Incineration**. SW-889, NTIS PB 81-248163, 1981 *apud* RIGATO, Paulo Constante. **Estudo da composição da alimentação de um incinerador rotativo visando aumento da capacidade operacional**. 2008. 82 f. Dissertação (Mestrado – Curso de Administração de Organizações), Departamento de Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos. São Caetano do Sul: Centro Universitário de Mauá, 2008. Disponível em: <<http://maua.br/files/dissertacoes/estudo-da-composicao-da-alimentacao-de-um-incinerador-rotativo-de-residuos.pdf>>. Acesso em: 15 abr. 2016.

WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO. **Safe management of wastes from health-care activities**. 2 ed. Genebra, 2014. Disponível em: <http://www.searo.who.int/mwg-internal/de5fs23hu73ds/progress?id=qRgAc4IuJizEd_jCf01qtBmxCGdLvzCO0W1632BF-qc>. Acesso em: 08 jun. 2016.

WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO. **Health-care waste**. Fact sheet nº 253. Genebra, 2015. Disponível em: < <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs253/en/>>. Acesso em: 15 jun. 2016.

YAMAN, S. Pyrolysis of biomass to produce fuels and chemical feedstocks. **Energy Conversion and Management**, v. 45, p. 651-671, 2004 *apud* TÔRRES FILHO, Artur. **Aplicação do processo de pirólise para valoração, cogeração de energia e tratamento de resíduos**. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos). Belo Horizonte: Universidade Federal do Estado de Minas Gerais, 2014. Disponível em: < <http://www.smarh.eng.ufmg.br/defesas/125M.PDF>>. Acesso em: 15 jun. 2016.

ANEXO A
Modelo do Ofício Circular GESPE/FEAM/SISEMA nº 002/2015

ANEXO B
Questionário para levantamento de informações sobre a gestão municipal de RSS

ANEXO C
Check-list de Incineração

ANEXO D
Check-list de Autoclavagem

ANEXO E
Check-list de Unidades de Transferência de Resíduos de Serviços de Saúde

ANEXO F

**Massa de RSS coletada *per capita* por municípios, conforme
Declaração Anual de RSS – ano base 2014**