

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

Tiago Elias de Souza

**AUTOCLAVAGEM E INCINERAÇÃO NO
TRATAMENTO DE RESÍDUOS DE SERVIÇOS
DE SAÚDE:**

Um problema, duas alternativas

Taubaté – SP

2009

**Ficha catalográfica elaborada pelo
SIBi – Sistema Integrado de Bibliotecas / UNITAU**

S729a Souza, Tiago Elias de
Autoclavagem e incineração no tratamento de resíduos de serviços de
saúde: um problema, duas soluções / Tiago Elias de Souza. - 2009.
72f. : il.

Monografia (especialização) - Universidade de Taubaté,
Departamento de Engenharia Civil, 2009.

Orientação: Profa. Ms. Maria Judith M. Salgado Schmidt, Pró-reitoria
de Pesquisa e pós-graduação.

1. Autoclavagem. 2. Incineração. 3. Resíduos - gerenciamento.
I. Título.

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

Tiago Elias de Souza

**AUTOCLAVAGEM E INCINERAÇÃO NO
TRATAMENTO DE RESÍDUOS DE SERVIÇOS
DE SAÚDE:
Um problema, duas alternativas**

Monografia apresentada para obtenção do Certificado de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Taubaté.

Orientador: Prof^a. Ms. Maria Judith Marcondes Salgado Schmidt

Taubaté – SP

2009

TIAGO ELIAS DE SOUZA
AUTOCLAVAGEM E INCINERAÇÃO NO TRATAMENTO DE RESÍDUOS DE
SERVIÇOS DE SAÚDE: um problema, duas alternativas

Monografia apresentada para obtenção do Certificado de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Taubaté.

Data: _____

Resultado: _____

BANCA EXAMINADORA

Prof. _____

Universidade de Taubaté

Assinatura _____

Prof. _____

Assinatura _____

Prof. _____

Assinatura _____

Dedico primeiramente a Deus, sem a vontade do qual nem uma folha seca cai ao chão,
A minha querida companheira e amiga Aline,
A professora Judith, por compartilhar todo seu conhecimento e sabedoria,
A todos os meus familiares e amigos,
A todos os que, de alguma maneira, contribuíram para a conclusão de mais esse objetivo
em minha vida.

AGRADECIMENTOS

A Universidade de Taubaté, pela possibilidade da realização deste curso,

A profa. Ms. Maria Judith M. S. Schmidt, pela orientação neste trabalho,

Ao prof. Ms. Carlos Alberto Guimarães Garcez, coordenador deste curso.

"Eu digo que se alguém não faz, o tempo todo, tudo aquilo que pode e até mais do que pode, é exatamente como se não fizesse absolutamente nada"

(Fidel Castro Ruz)

RESUMO

Os impactos ambientais e os problemas de saúde relacionados aos resíduos de serviços de saúde tem sido objeto constante de debates nos diversos setores da sociedade, da imprensa, dos órgãos governamentais, de ONG's, de universidades entre outros. Estes resíduos são de grande periculosidade, pois podem transmitir às pessoas e ao meio ambiente diversos organismos patogênicos, como bactérias, vírus, protozoários entre outros. Os acidentes ocorridos com perfurocortantes, por exemplo, são bastante comuns nos centros de saúde, e isto é motivo de grande preocupação para os gestores deste resíduo. Segundo dados do Ministério da Saúde, existem cerca de 85 mil estabelecimentos de saúde em funcionamento no Brasil. Estes são responsáveis pela geração de mais de mil toneladas de resíduos por dia. O gerenciamento correto destes resíduos é extremamente importante, sendo inclusive exigido por leis municipais, estaduais e federais. O tratamento e a disposição correta destes resíduos é parte integrante deste gerenciamento, e embora esteja no fim de toda uma cadeia de gestão, é talvez a mais importante. Tratar os resíduos de serviços de saúde significa alterar suas características físicas, químicas ou biológicas, através de técnicas e processos específicos, visando a minimização do risco à saúde pública e à qualidade do meio ambiente. Dentre as técnicas e processos de tratamento, destacam-se hoje, a incineração e a autoclavagem, ambas demonstrando-se bastante eficientes, porém cada uma com suas peculiaridades. Nesse contexto, é extremamente importante que todo gestor de resíduos de serviços de saúde tenha subsídios teóricos suficientes, no momento de tomar a decisão de qual o melhor processo para tratamento destes resíduos, levando em conta aspectos econômicos, técnicos, de segurança, legais, entre

outros. Esta escolha é essencial para um gerenciamento eficiente, que venha a contribuir para a prevenção a acidentes e contaminação do ambiente. Sendo assim, o presente trabalho busca, através de um estudo bibliográfico, analisar qualitativamente os aspectos técnicos, econômicos e legais da incineração e da autoclavagem de resíduos de serviços de saúde, servindo de base para uma tomada de decisão, quando da elaboração do plano de gerenciamento destes resíduos, no tocante ao melhor sistema de tratamento aplicável. Demonstra-se também, a grande importância em seguir corretamente todas as etapas no gerenciamento dos resíduos, principalmente quando se fala em segregação de materiais, pois nesta etapa pode-se ter ganhos econômico e ambiental significativos, com a diminuição do resíduo a ser tratado, podendo-se aumentar a taxa de desvio para a reciclagem, por exemplo.

Palavras-chave: Autoclavagem. Incineração. Resíduos. Gerenciamento.

ABSTRACT

AUTOCLAVAGEM AND INCINERATION IN THE TREATMENT OF WASTE OF HEALTH SERVICES: a problem, two alternatives

The ambient impacts and the related problems of health to the waste of health services have been constant object of debates in the diverse sectors of the society, the press, the governmental bodies, ONG's, university among others. These waste are of great danger, therefore they can transmit to the diverse people and the environment pathogenic organisms, as bacterium, virus among others. The accidents occurred with sharp waste, for example, are sufficiently common in the health centers, and that is reason of great concern for the managers of this residue. According to data of the Health department, they exist about 85 a thousand establishments of health in functioning in Brazil. These are responsible for the generation of more than a thousand tons of waste per day. The correct management of these waste is extremely important, being also demanded for municipal, state and federal laws. The treatment and the correct disposal of these waste are integrant part of this management, and even so it is in the end of all a management chain, is perhaps most important. To deal with the waste health services means to modify its physical, chemical or biological characteristics, through specific techniques and processes, aiming at the minimization of the risk to the public health and the quality of the environment. Amongst the techniques and processes of treatment, they are distinguished today, the incineration and the autoclavagem, both demonstrating itself sufficiently efficient, however each one with its pecurialidades. In this context, it is

extremely important that all manager of waste of health services has enough theoretical subsidies, at the moment to take the decision of which optimum process for treatment of these waste, leading in account economic aspects, security technician, legal, among others. This choice is essential for an efficient management, that comes to contribute for the prevention the accidents and contamination of the environment. Being thus, the present work searches, through a bibliographical study, to analyze the aspects technician, economic and legal qualitatively of the incineration and the autoclavagem of waste of services of health, serving of base for a decision taking, when of the elaboration of the plan of management of these waste, in regards to optimum system of applicable treatment. It is also demonstrated, the great importance in following correctly all the stages in the management of the waste, mainly when it is said in segregation of materials, therefore in this stage it can be had significant profits economic and ambient, with the reduction of to be treated residue, being able itself to increase the shunting line tax for the recycling, for example.

Key words: Autoclavagem. Incineration. Waste. Management.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Principais doenças transmitidas por vetores em locais de disposição inadequada de resíduos	20
Tabela 2 – Quantidade de resíduos produzidos em um hospital	25
Tabela 3 – Distribuição da capacidade instalada por tipo de tratamento (t/dia)	42
Tabela 4 – Caracterização química qualitativa e quantitativa dos RSS	52

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Perfil da destinação dos resíduos por quantidade no Brasil	19
Figura 2 – Volume de resíduos sólidos de serviços de saúde coletado por região do Brasil (t/dia)	26
Figura 3 – Tipos de tratamentos de RSS por número de municípios pesquisados	41
Figura 4 – Autoclave em operação – empresa Santec	48
Figura 5 – Admissão de resíduo em autoclave – empresa Tratalix	48
Figura 6 – Entrada para resíduos em autoclave – empresa Silcon	49
Figura 7 – Esquema de usina de incineração com recuperação de energia	55
Figura 8 – Desenho esquemático de um incinerador de câmaras múltiplas	56
Figura 9 – Esquema de um incinerador de leito fluidizado	57
Figura 10 – Desenho esquemático de sistema de controle de poluentes	61
Figura 11 – Absorção de gases pelo processo semi-úmido	61

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Estabelecimentos considerados grandes geradores de RSS	23
Quadro 2 – Estabelecimentos considerados pequenos geradores de RSS	24
Quadro 3 – Tipos de resíduos gerados por unidade de um hospital	31
Quadro 4 – Fase dos principais poluentes em sistemas de incineração	58

LISTA SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária
CEMPRE – Comitê Empresarial para a Reciclagem
CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CNEN – Comissão Nacional de Energia Nuclear
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
EPI – Equipamento de Proteção Individual
EUA – Estados Unidos da América
HIV – Human Immunodeficiency Virus
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas
LIMPURB – Departamento de Limpeza Urbana de São Paulo
NR – Norma Regulamentadora
ONG – Organização Não-governamental
ONU – Organização das Nações Unidas
PGRSS – Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde
PNSB – Pesquisa Nacional de Saneamento Básico
PPRA – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais
RDC – Resolução de Diretoria Colegiada
RSS – Resíduos de Serviços de Saúde
RSSI – Resíduos de Serviços de Saúde Infectantes
WHO – World Health Organization

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 O Problema	15
1.2 OBJETIVOS	16
1.2.1 Objetivo Geral	16
1.2.2 Objetivos Específicos	16
1.3 Delimitação do estudo	16
1.4 Relevância do Estudo	17
1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	17
2 REVISÃO DA LITERATURA	18
2.1 RESÍDUOS SÓLIDOS, MEIO AMBIENTE E SAÚDE PÚBLICA.....	18
2.1.1 RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE.....	22
2.1.2 Definição.....	22
2.1.3 Fontes de geração de RSS.....	23
2.1.4 Evolução da legislação sobre RSS no Brasil.....	27
2.1.5 Classificação dos RSS.....	31
2.1.6 Riscos atribuídos aos RSS.....	33
2.1.6.1 <i>Potencial perigoso a partir de RSS infectantes (RSSI)</i>	34
2.1.6.2 <i>Impactos a partir de resíduos químicos e radioativos</i>	35
2.1.7 Gerenciamento de RSS.....	35
2.1.7.1 <i>Aspectos técnico-operacionais do manejo de RSS</i>	37
2.2 TECNOLOGIAS EMPREGADAS NO TRATAMENTO DE RSS.....	40
2.2.1 Autoclavagem.....	43
2.2.1.1 <i>Histórico e definição</i>	43
2.2.1.2 <i>Aspectos técnicos-operacionais da autoclavagem</i>	45
2.2.1.3 <i>Geração de efluentes e emissões atmosféricas no processo de autoclavagem</i>	47
2.2.2 INCINERAÇÃO.....	49
2.2.2.1 <i>Histórico e definição</i>	49
2.2.2.2 <i>Aspectos técnicos-operacionais da incineração</i>	51
2.3 Poluentes em sistemas de incineração.....	57
2.3.1 <i>Controle da poluição em sistemas de incineração</i>	60

3 PROPOSIÇÃO.....	62
4 MÉTODO	63
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	64
6 CONCLUSÃO.....	68
REFERÊNCIAS.....	69

1 INTRODUÇÃO

Dados da Secretaria de Atenção à Saúde, órgão ligado ao Ministério da Saúde, indicam que existem cerca de 85 mil estabelecimentos de saúde em funcionamento no Brasil (REVISTA GESTÃO DE RESÍDUOS, 2006). Este universo é responsável pela geração de mais de mil toneladas diárias de resíduos, das quais somente 32% são tratadas, segundo o Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, publicado pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2007).

A melhor forma de se tratar este tipo de resíduo começa por um bom gerenciamento. Este irá possibilitar uma diminuição da geração e um encaminhamento seguro e eficiente, protegendo assim os profissionais envolvidos, e garantindo a preservação da saúde pública e do meio ambiente.

O gerenciamento dos resíduos de serviços de saúde, além de exigido por leis federais, é de extrema importância para o manejo adequado dos mesmos, desde sua geração, passando pela segregação, acondicionamento, transporte, armazenagens, e finalmente o tratamento e disposição final. Na fase do tratamento, não há uma única alternativa, e sim composições adequadas a cada situação; não se pode descartar nem mesmo a reciclagem, embora para muitos ela possa parecer, a princípio, de difícil aplicação para o caso de resíduos de serviços de saúde. As tecnologias de tratamento são divididas em dois grupos: desinfecção química, na qual o princípio é a própria reação química (hipoclorito de sódio, óxido de etileno, formaldeído) e a desinfecção térmica, em que o princípio é a alteração da temperatura. São vários os métodos existentes, tais como laser (alto custo); infra

vermelho (gera poluentes gasoso); pirólise (alto custo, difícil controle); catódicos (alto custo); ultravioleta (pequenos volumes); plasma (alto custo). Todas essas são tecnologias ainda em desenvolvimento, pouco conhecidas e utilizadas no Brasil, onde a grande maioria dos resíduos de serviços de saúde é tratada via incineração ou autoclavagem (ABRELPE, 2007).

A incineração é a técnica de tratamento térmico mais utilizada pelos gestores de resíduos hospitalares, pois possui alta eficiência de inativação biológica, bem como redução de peso e volume dos resíduos. Consiste na decomposição térmica por oxidação a temperatura superior a 800°C, com tempo de permanência controlado. Reduz o volume dos resíduos em cerca de 95%, resultando em cinzas inertes, que devem ser dispostas em aterros sanitários. Um dos principais controles refere-se ao tratamento e monitoramento dos gases formados durante o processo. A incineração pode ser utilizada para tratamento dos resíduos de serviços de saúde dos grupos “A”, “B” e “E”, de acordo com a legislação atual (CONAMA, 2005) (ANVISA, 2004).

Entretanto, a incineração apresenta custos elevados de instalação e de operação, exige pessoal qualificado para sua operação e há também a necessidade de segregação de materiais antes de serem incinerados, pois a presença de resíduos como pilhas, plásticos etc., libera compostos tóxicos e ácidos que não podem ser eliminados por boas técnicas de combustão, exigindo a instalação de complexos sistemas de lavagem e retenção de gases (IPT/CEMPRE, 2000).

A autoclavagem, juntamente com a incineração, é uma técnica de tratamento bastante utilizada no Brasil, e demonstra um grande crescimento a cada ano (REVISTA GESTÃO DE RESÍDUOS, 2006). Consiste basicamente em manter o material contaminado em contato com vapor d'água saturado, durante período de

tempo controlado, suficiente para destruir os organismos patogênicos presentes nos resíduos. O processo inclui ciclos de descompressão e compressão, para facilitar o contato entre vapor e resíduos. Alguns sistemas mais desenvolvidos possuem trituração prévia do material, o que também auxilia na redução final do volume. Os valores usuais de controle para temperatura estão entre 130°C e 150°C, e 3,5 a 4,0 bar de pressão (PHILIPPI JR et al, 2008). A vantagem deste sistema está no baixo custo operacional, se comparado com a reciclagem, e também não gera emissões gasosas, porém não é aplicável a resíduos classe B (químicos).

De acordo com o Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil (ABRELPE, 2007), a capacidade instalada de sistemas de tratamento de resíduos de serviços de saúde no Brasil encontra-se sub-utilizada, independente do tipo de processo, se por autoclavagem ou incineração.

Há ainda muito a se fazer no tocante ao tratamento e disposição corretos destes resíduos, e o papel do gestor é de fundamental importância em todas as etapas do gerenciamento dos resíduos de serviços de saúde. A evolução vem ocorrendo ano a ano, principalmente após as regularizações federais, editadas pela ANVISA e CONAMA, e por isso se faz necessário um conhecimento mais profundo das técnicas e processos existentes para tratamento de resíduos, neste caso a incineração e a autoclavagem. Aspectos econômicos também devem ser levados em conta, pois a grande maioria dos estabelecimentos de saúde do país passa por crises financeiras, não dispendo de recursos para tratar resíduos de maneira correta. Porém, o gerenciamento correto dos resíduos, levando-se em conta suas características de periculosidade, pode contribuir bastante para uma redução da geração na fonte, tornando menos pesada conta com tratamento. A reciclagem também é ponto fundamental, pois se houver um bom preparo do pessoal envolvido

na segregação dos materiais, pode-se aumentar a taxa de desvio dos resíduos, contribuindo para a redução dos custos com tratamento.

1.1 O PROBLEMA

A grande preocupação com relação aos resíduos de serviços de saúde diz respeito ao alto potencial de risco de contaminação e proliferação de doenças por vírus e bactérias patogênicas, necessitando uma abordagem diferente por parte dos gestores destes resíduos. A maioria dos estabelecimentos de saúde ainda dispõe de maneira inadequada e sem tratamento prévio os resíduos gerados, ocasionando a degradação do meio ambiente, acidentes de trabalho e agravos à saúde pública. O Brasil apresenta diversas empresas privadas que realizam, através de tecnologias avançadas, o tratamento correto destes resíduos. A capacidade destas empresas encontra-se sub-utilizada, embora a preocupação com o tema venha crescendo a cada ano. O amplo conhecimento (técnico, econômico e legal) de sistemas e técnicas de tratamento de resíduos de serviços de saúde, como a incineração e autoclavagem, são subsídios essenciais para a tomada de decisão por parte dos gestores, no momento da elaboração de um plano de gerenciamento de resíduos de serviços de saúde.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral desta pesquisa foi analisar a incineração e a autoclavagem, como técnicas separadas de tratamento adequadas para resíduos de serviços de saúde, levando-se em consideração aspectos técnicos, legais e econômicos.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Demonstrar a importância do tratamento e disposição corretos dos resíduos de serviços de saúde;
- Avaliar a incineração e autoclavagem como sistemas de tratamento;
- Identificar as prioridades em um sistema de gerenciamento de resíduos de serviços de saúde, visando a redução de custos com tratamento e disposição;
- Analisar qualitativamente os ganhos com um gerenciamento correto dos resíduos;
- Servir de subsídio para profissionais envolvidos com o gerenciamento de resíduos da área da saúde.

1.3 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

O presente trabalho não traz análises quantitativas experimentais que sirvam de embasamento para tomada de decisões, porém aspectos qualitativos e gerais,

que visam auxiliar, informar, instruir e conscientizar sobre a relevância do problema dos resíduos de serviços de saúde. Aplica-se de uma maneira mais ampla e geral, porém restringindo-se a resíduos gerados em sistemas de atenção à saúde.

1.4 RELEVÂNCIA DO ESTUDO

A importância do estudo está embasada no fato de que os resíduos de serviços de saúde podem apresentar grande periculosidade, sendo inclusive tratados com uma classificação a parte, na temática dos resíduos sólidos urbanos. A legislação brasileira que trata destes resíduos é relativamente recente, sendo ainda estudo de avaliação e atualizações. Somente 32% dos resíduos de saúde são tratados de maneira correta, o que demonstra que ainda há muito que se fazer nesta área. Também é fato que o gerenciamento correto destes resíduos proporciona ganhos significativos ao meio ambiente e aos trabalhadores em geral, porém ainda faltam conhecimento e conscientização das pessoas envolvidas e sociedade em geral. Um ponto bastante positivo na realização desta pesquisa é exatamente, colocar em debate um tema de grande relevância para toda a sociedade, pois esta é uma questão de saúde pública, ou seja, pode afetar a todos nós.

1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O presente trabalho está estruturado em seis seções: a primeira apresenta uma visão geral sobre o tema; a segunda traz uma extensa pesquisa bibliográfica sobre o tema; a terceira seção expõe a que se propõe o presente trabalho; a quarta seção traz o método que foi utilizado na pesquisa; a quinta e sexta seções trazem as discussões e as conclusões a que se chegaram ao final da pesquisa.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 RESÍDUOS SÓLIDOS, MEIO AMBIENTE E SAÚDE PÚBLICA

A produção de resíduos sólidos faz parte do cotidiano do ser humano, e o aumento da geração destes resíduos é algo intrínseco ao desenvolvimento econômico de qualquer comunidade ou país, principalmente na sociedade consumista em que vivemos hoje. A situação dos resíduos sólidos no Brasil não é muito diferente dos demais países em desenvolvimento, pois o tratamento e disposição adequados ainda estão longe de serem regras no país. Os dados da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – P.N.S.B. realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2002), apontam que cerca das 126 mil toneladas de resíduos sólidos gerados diariamente no Brasil, 18% são destinadas a aterros controlados, 14% a aterros sanitários e 63% a lixões. Entretanto, o relatório mostra as grandes desigualdades existentes entre as regiões da federação, pois no Nordeste e Norte do país, a situação se agrava ainda mais. Cerca de 43% dos vazadouros a céu aberto estão concentrados na região Nordeste (PHILIPPI JR. et al, 2004).

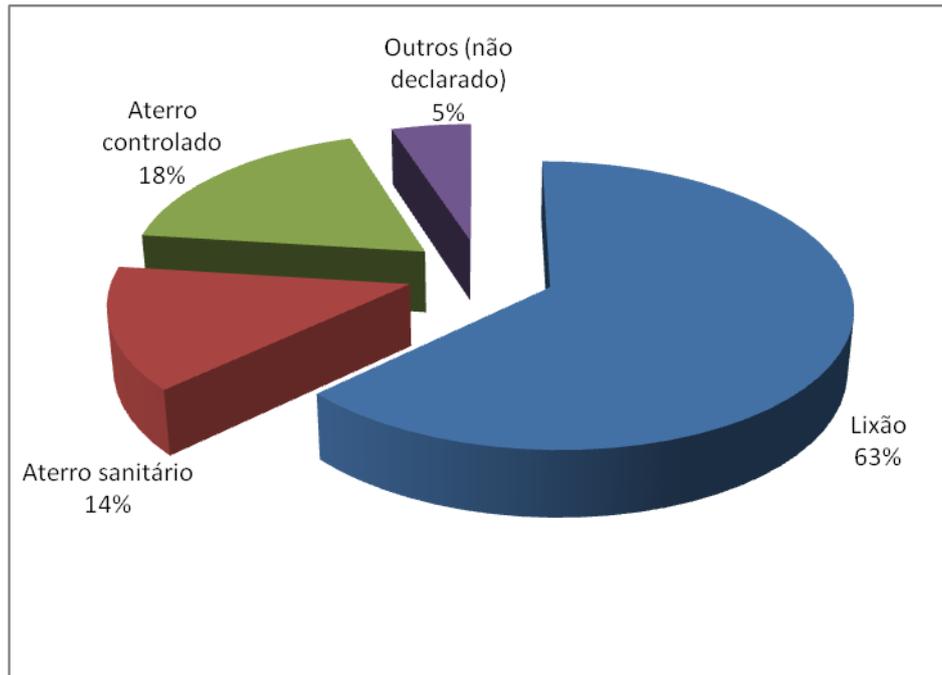


Figura 1 – perfil da destinação dos resíduos por quantidade no Brasil

Fonte: (IBGE, 2002)

Segundo LIMA (2004), os aterros podem ser classificados em:

- aterros comuns ou lixões, caracterizados pela simples descarga de lixo sem qualquer tratamento, sendo o método mais prejudicial ao homem e ao meio ambiente, porém ainda muito usado;
- aterros controlados, uma variável da prática anterior, em que o lixo recebe uma cobertura diária de material inerte, sendo a terra o material mais usado. Essa cobertura, entretanto, é realizada de forma aleatória, não resolvendo satisfatoriamente os problemas de poluição gerados pelo lixo, uma vez que os mecanismos de formação de líquidos e gases não são levados a termo;
- aterros sanitários, que são aqueles executados segundo os critérios de engenharia, com normas operacionais específicas, permitindo assim uma confinamento segura, em termos de controle da poluição ambiental e proteção da saúde pública.

Os resíduos sólidos manejados inadequadamente oferecem alimento e abrigo para muitos vetores de doenças especialmente roedores como ratos, ratazanas e camundongos, e insetos como moscas, baratas e mosquitos. Atualmente está demonstrada de forma clara a relação entre proliferação de certas doenças e o manejo inadequado de resíduos sólidos (PHILIPPI JR. et al, 2008).

Tabela 1 – Principais doenças transmitidas por vetores em locais de disposição inadequada de resíduos

Vetores	Formas de Transmissão	Principais Doenças
Ratos	Através da mordida, urina e fezes. Através da pulga que vive no corpo do rato.	<ul style="list-style-type: none"> • Peste bubônica • Tifo murino • Leptospirose
Moscas	Por via mecânica (através de asas, patas e corpo). Através da fezes e saliva.	<ul style="list-style-type: none"> • Febre tifóide • Salmonelose • Cólera • Amebíase • Desintéria • Giardíase
Mosquitos	Através da picada da fêmea	<ul style="list-style-type: none"> • Malária • Leishmaniose • Febre amarela • Dengue • Filariose
Baratas	Por via mecânica (através de asas, patas e corpo) Através das fezes.	<ul style="list-style-type: none"> • Febre tifóide • Cólera • Giardíase
Suínos	Pela ingestão de carne contaminada.	<ul style="list-style-type: none"> • Cisticercose • Toxoplasmose • Teníase • Triquinelose

Fonte: Azevedo et al (2001)

Além disso, a decomposição dos resíduos e a formação de lixiviados podem levar à contaminação do solo e de águas subterrâneas com substâncias orgânicas, microrganismos patogênicos e inúmeros contaminantes químicos presentes nos diversos tipos de resíduos.

A questão dos resíduos sólidos é um problema de saúde pública, que envolve questões de interesse coletivo, profundamente influenciado por interesses econômicos, manifestações da sociedade, aspectos culturais e conflitos políticos. Atualmente, a visão da sociedade sobre a questão dos resíduos sólidos tem incorporado novos elementos, notando-se avanços significativos na importância que se confere á questão. Conseqüentemente, cada vez mais espaço na mídia e nas discussões políticas é ocupado pelos problemas associados aos resíduos sólidos.

Segundo CALDERONI (2003), citando a Agenda 21 (ONU, 1992, p. 29),

“ Aproximadamente 5,2 milhões – incluindo 4 milhões de crianças – morrem por ano de doenças relacionadas com o lixo. Metade da população urbana nos países em desenvolvimento não tem serviços de despejo de lixo sólido. Globalmente, o volume de lixo municipal produzido deve dobrar até o final do século e dobrar novamente antes de 2025.”

2.1.1 RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE

2.1.2 Definição

De acordo com a RDC ANVISA nº 306/04 (ANVISA, 2004) e a Resolução CONAMA nº 358/05 (CONAMA, 2005), são definidos como geradores de resíduos de serviços de saúde todos os serviços relacionados com o atendimento à saúde humana ou animal, inclusive os serviços de assistência domiciliar e de trabalhos de campo; laboratórios analíticos de produtos para a saúde; necrotérios, funerárias e serviços onde se realizem atividades de embalsamento, serviços de medicina legal, drogarias e farmácias inclusive as de manipulação; estabelecimentos de ensino e pesquisa na área da saúde, centro de controle de zoonoses; distribuidores de produtos farmacêuticos, importadores, distribuidores produtores de materiais e controles para diagnóstico *in vitro*, unidades móveis de atendimento à saúde; serviços de acupuntura, serviços de tatuagem, dentre outros similares.

Outra definição que pode ser utilizada (IPT/CEMPRE, 2000) é a de resíduos sépticos, ou seja, aqueles que contem ou potencialmente podem conter germes patogênicos, oriundos de locais como: hospitais, clínicas, laboratórios, farmácias, clínicas veterinárias, postos de saúde, etc. Tratam-se de agulhas, seringas, gazes, bandagens, algodões, órgãos e tecidos removidos, meios de cultura e animais utilizados em testes, sangue coagulado, luvas descartáveis, remédios vencidos, instrumentos de resina sintética, filmes fotográficos de raio X, etc.

Os resíduos assépticos destes locais, constituídos por papéis, restos de preparo de alimentos, resíduos de limpezas gerais, dentre outros materiais, desde

que coletados segregadamente, são semelhantes aos resíduos domiciliares, ou resíduos comuns (IPT/CEMPRE, 2000).

2.1.3 Fontes de geração de RSS

A World Health Organization – WHO (1999) apud CARVALHO (2003), classifica as fontes de geração de RSS de acordo com a quantidade de resíduos gerados, respectivamente em: grandes geradores e pequenos geradores (CARVALHO, 2003), conforme quadros 1 e 2 abaixo.

Quadro 1 – Estabelecimentos considerados grandes geradores de RSS

Hospitais:

- Hospitais universitários,
- Hospitais gerais,
- Hospitais distritais.

Outros estabelecimentos de cuidados à saúde:

- Clínicas (principalmente de obstetria e maternidade),
- Centros de diálise,
- Pronto socorro,
- Estabelecimentos de cuidados de longa duração e cuidados de doenças crônicas,
- Serviços médicos militares.

Laboratórios e Centros de Pesquisa:

- Laboratórios médicos e biomédicos,
- Instituições e laboratórios de biotecnologia e
- Centros de pesquisas médicas.

Clínicas veterinárias.

Centros de autópsia.

Pesquisa e teste com animais.

Farmácias.

Bancos de sangue.

Fonte: WHO (1999) apud CARVALHO (2003)

Quadro 2 – Estabelecimentos considerados pequenos geradores de RSS*Pequenos estabelecimentos:*

- Consultórios médicos,
- Clínicas e consultórios de dentistas.

Estabelecimentos especializados e instituições com baixa geração de resíduos:

- Hospitais psiquiátricos,
- Instituições para pessoas debilitadas.

Atividades não relacionadas a cuidados da saúde, mas envolvem intervenções subcutâneas:

- Tatuagens e colocação de piercens,
- Uso ilícito de drogas.

*Serviços funerários.**Serviços de ambulância.**Tratamentos em casa*

Fonte: WHO (1999) apud CARVALHO (2003)

Segundo informações da LIMPURB (Departamento de Limpeza Urbana do Município de São Paulo), a adoção de segregação pelos maiores hospitais da capital paulista tem reduzido consideravelmente a quantidade de lixo coletada nesses estabelecimentos (IPT/CEMPRE, 2000). Cabe destacar que a quantidade de resíduos gerada por um hospital depende da complexidade e da frequência dos serviços, da tecnologia usada e da eficiência dos responsáveis por esses serviços. A tabela 2 apresenta os dados percentuais de resíduos produzidos em um hospital.

Tabela 2 – Quantidade de resíduos produzidos em um hospital

Material	Quantidade (%)
Cozinha	50
Enfermaria	17
Maternidade	8
Ortopedia	7
Centro cirúrgico	4
Escritórios	2
Outros	12
Total	100

Fonte: IPT/CEMPRE (2000)

A média de produção dos RSS, encontrados na literatura, varia de 1,7 a 9,1 Kg/leito/dia em hospitais da Europa, 7,2 a 10,4 Kg/leito/dia, em países como EUA e Japão e 11,35 Kg/leito/dia no Canadá (PHILIPPI JR. et al, 2008). Em um hospital de grande porte de Ribeirão Preto, estado de São Paulo, a média de produção dos RSS em 2001 foi de aproximadamente 2,0 Kg/leito/dia (PHILIPPI JR. et al, 2008).

As quantidades geradas de RSS em cada estado brasileiro guardam estreita correspondência com as quantidades de leitos hospitalares existentes nos mesmos. Segundo dados da Secretaria de Atenção à Saúde, órgão ligado ao Ministério da Saúde, existem cerca de 85 mil estabelecimentos de saúde em funcionamento no Brasil (REVISTA GESTÃO DE RESÍDUOS, 2006), o que ocasiona a geração de milhares de toneladas de RSS diárias.

A Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (IBGE, 2002), mostra que a maioria dos municípios brasileiros não utiliza um sistema apropriado para efetuar a coleta, o tratamento e a disposição final dos RSS. De um total de 5.507 municípios brasileiros pesquisados, somente 63% realizam a coleta dos RSS. O Sudeste é a região que mais realiza a coleta dos RSS em todo o Brasil, perfazendo cerca de

3.130 t/dia. Em seguida vem o Nordeste, com 469 t/dia, depois o Sul, com 195 t/dia, o Norte, com 145 t/dia, e, por último, o Centro-Oeste, com 132 t/dia. Vale ressaltar que esses volumes correspondem somente aos resíduos de serviços de saúde coletados, ou seja, a geração diária total destes resíduos é bastante superior a esses números, pois 37% dos municípios brasileiros não realizam sequer a coleta dos RSS.

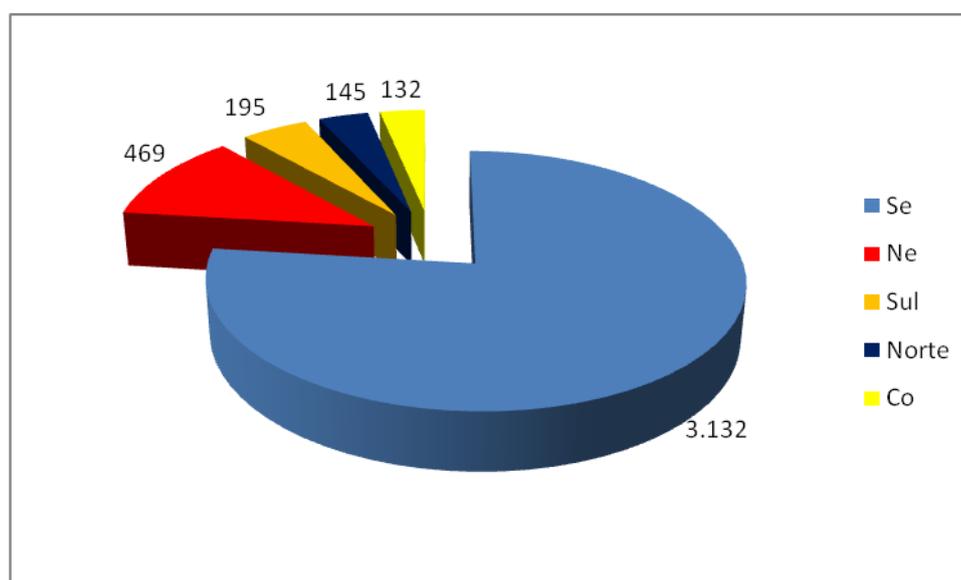


Figura 2 – volume de resíduos sólidos de serviços de saúde coletado – por região do Brasil (t/dia)

Fonte: IBGE (2002)

Embora os RSS correspondam somente a 2% do total de resíduos gerados por uma comunidade, representam um importante aspecto na gestão de resíduos, pela possibilidade de contaminação ambiental e de risco à saúde pública, pertencendo, parte de seu volume, aos resíduos classe I, segundo a NBR 10004, principalmente em função de sua patogenicidade (PHILIPPI JR. et al, 2008).

2.1.4 Evolução da legislação sobre RSS no Brasil

Somente no final século XX a questão oriunda da problemática existente em torno da geração de resíduos sólidos urbanos começou a ser melhor disciplinada na legislação brasileira, apesar de existirem algumas importantes leis e regulamentos anteriores sobre poluição ambiental (PHILIPPI JR. et al, 2008).

Especificamente, em relação aos resíduos sólidos gerados nos serviços de saúde, as exigências legais começaram a ser editadas apenas nos últimos anos da década de 1990, apesar de já terem sido citados em parte da legislação anteriormente a esse período (PHILIPPI JR. et al, 2008).

A Portaria nº 053 de 01 de março de 1979, do Ministério do Interior, que dispôs sobre tratamento e disposição de resíduos sólidos no território nacional, tornou obrigatória a incineração dos resíduos de estabelecimentos hospitalares, além de proibir a utilização de lixões a céu aberto no país, norma que praticamente nunca foi cumprida (PHILIPPI JR. et al, 2008). Em 19 de setembro de 1991 foi aprovada a Resolução CONAMA nº 06, que desobrigou a incineração ou qualquer outro tratamento de queima dos resíduos sólidos provenientes dos estabelecimentos de saúde e de terminais de transporte e deu competência aos órgãos estaduais de meio ambiente para estabelecerem normas e procedimentos ao licenciamento ambiental do sistema de coleta, transporte, acondicionamento e disposição final de resíduos, nos estados e municípios que não optaram pela incineração (MANUAL TÉCNICO ANVISA, 2006).

Posteriormente, a Resolução nº 05 de 05 de agosto de 1993, trouxe importantes definições sobre o gerenciamento dos RSS, como: fontes geradoras, classificação e responsabilidades dos geradores, plano de gerenciamento dos RSS,

sendo a 1ª. Vez que os RSS tiveram uma classificação legalmente definida no Brasil, pelo Anexo I da resolução, que divide esses resíduos em quatro grupos, dependendo de suas características – grupos A, B, C, e D (PHILIPPI JR. et al, 2008). Essa Resolução passou por um processo de aprimoramento e atualização, resultando na publicação da Resolução CONAMA nº 283, de 12 de julho de 2001. Essa resolução ampliou a abrangência dos resíduos considerados como infectantes (grupo A); ressaltou a necessidade dos serviços designarem um responsável técnico e também de apresentar um PGRSS aos órgãos de controle ambiental e de saúde; definiu ainda, os procedimentos gerais para o manejo dos resíduos a serem adotados na ocasião da elaboração do plano.

Em 2003 foi promulgada a Resolução de Diretoria Colegiada, RDC ANVISA nº 33/03, que dispõe sobre o regulamento técnico para o gerenciamento de resíduos de serviços de saúde. A resolução passou a considerar os riscos aos trabalhadores, à saúde e ao meio ambiente, e a adoção desta metodologia de análise de risco da manipulação dos resíduos gerou divergência com as orientações estabelecidas pela Resolução CONAMA nº 283/01 (MANUAL TÉCNICO ANVISA, 2006).

Essa situação levou os dois órgãos a buscarem a harmonização das regulamentações, o que levou à revogação da RDC ANVISA nº 33/03 e a publicação da RDC ANVISA nº 306/04 em dezembro de 2004. Em maio de 2005, foi publicada a Resolução CONAMA nº 358/05, com a revogação da Resolução CONAMA nº 283/01.

A RDC ANVISA nº 306/04 concentra sua regulação no controle dos processos de segregação, acondicionamento, armazenamento, transporte, tratamento e disposição final. Estabelece procedimentos operacionais em função dos riscos

envolvidos e concentra seu controle na inspeção dos serviços de saúde (MANUAL TÉCNICO ANVISA, 2006).

A Resolução CONAMA nº 358/05 trata do gerenciamento sob o prisma da preservação dos recursos naturais e do meio ambiente. Promove a competência aos órgãos ambientais estaduais e municipais para estabelecerem critérios para o licenciamento ambiental dos sistemas de tratamento e destinação final dos RSS (MANUAL TÉCNICO ANVISA, 2006).

Outra legislação de relevância, com relação aos resíduos do grupo C (radioativos), é a Resolução 6.05 do CNEN, que estabelece critérios de gerenciamento de rejeitos radioativos e define também padrões de emissão (PHILIPPI JR. et al, 2008).

Em novembro de 2006 entrou em vigor a Norma Regulamentadora nº 32 (NR 32) da Portaria nº 3.214 de 08 de junho de 1978, buscando minimizar os riscos de acidentes nos ambientes de trabalho de estabelecimentos de atenção à saúde. Esta NR traz recomendações e orientações sobre riscos biológico e químico, radiações ionizantes, descarte de resíduos, conforto, lavanderia, limpeza, conservação do ambiente entre outros itens de segurança. A NR32 prevê que em caso de exposição acidental com os RSS, ou outros agentes, medidas de segurança devem ser adotadas imediatamente, mesmo que não previstas no Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA).

Além da série de portarias e resoluções que tratam dos RSS, também existem diversas Normas Técnicas (ABNT, 2008), específicas sobre esse tema. As mais utilizadas são:

- NBR 10004 – define e classifica os resíduos sólidos;

- NBR 10007 – define condições exigíveis para amostragem, prevenção e estocagem de amostra de resíduos sólidos;
- NBR 12807 – define a terminologia adotada para os RSS;
- NBR 12808 – classifica os RSS;
- NBR 12809 – define procedimentos para manuseio de RSS no âmbito intra unidade;
- NBR 12810 – define critérios para coleta de RSS extra-unidade;
- NBR 9190 – classifica sacos plásticos para acondicionamento de lixo;
- NBR 9191 – especifica características e define metodologia para teste de resistência e perfuração de sacos plásticos para acondicionamento de lixo;
- NBR 13853 – especifica requisitos e métodos de ensaio a coletores para resíduos perfurocortantes;
- NBR 13055 – especifica método de ensaio para determinação de capacidade volumétrica de sacos plásticos destinados ao acondicionamento de lixo;
- NBR 13056 – especifica método de ensaio para verificação de transparência de filmes plásticos ao acondicionamento de lixo;
- NBR 7500 – especifica símbolo de risco e manuseio para transporte de materiais perigosos; define símbolo de substância infectante.

2.1.5 Classificação dos RSS

A classificação dos RSS vem sofrendo um processo de evolução contínuo, na medida em que são introduzidos novos tipos de resíduos nas unidades de saúde e como resultado do conhecimento do comportamento destes perante o meio ambiente e a saúde, como forma de estabelecer uma gestão segura com base nos princípios da avaliação e gerenciamento dos riscos envolvidos na sua manipulação.

Quadro 3 – Tipos de resíduos gerados por unidade de um hospital

Unidade Geradora	Tipo de Resíduo
Setor administrativo	Papéis, papelão, toners de impressoras, copos plásticos, grampos, etc.
Área de apoio (limpeza, cozinha, manutenção)	Papelão, caixa, embalagens de produtos de limpeza, panos, papéis, latas, tambores, garrafas, resíduos de varrição, podas de jardins, restos de alimentos, lâmpadas, metais, graxas, latas de tintas, resíduos de construção ou pequenas reformas, etc
Laboratórios clínicos, necrotérios	Papéis, sangue, tecidos humanos, órgãos, ossos, embalagens, vidrarias, vidros cortantes, luvas descartáveis contaminadas, etc.
Enfermaria	Ampolas, agulhas, seringas descartáveis, gazes, algodão, papéis, vidros de remédios, luvas cirúrgicas, fraldas, produtos de higiene pessoal, etc.
Centro obstétrico	Roupas sujas, gazes, luvas cirúrgicas, seringas descartáveis, agulhas, máscaras, placenta, bolsas de sangue, frascos descartáveis, máscaras descartáveis, etc.
Centro cirúrgico e emergência	Roupas sujas, gazes, luvas cirúrgicas, seringas descartáveis, agulhas, bolsas de sangue, gesso, partes amputadas, tecido humano, conjuntos de lavagem intestinal, etc.

Fonte: (IPT/CEMPRE, 2000)

Qualitativamente, os RSS, particularmente os provenientes de hospitais, são constituídos por uma grande variedade de elementos, incluindo-se aqueles considerados similares aos domésticos, além daqueles específicos de origem biológica, química e radioativa (AKUTSU e HAMADA, 1993).

A classificação correta dos RSS facilita uma segregação apropriada, reduzindo riscos sanitários e custos no gerenciamento dos resíduos, uma vez que os sistemas para tratamento de resíduos perigosos demandam alta tecnologia e por isso, são bastante caros (CARVALHO, 2003).

Os RSS são classificados em função de suas características e conseqüentes riscos que podem acarretar ao meio ambiente e à saúde. No Brasil, a RDC ANVISA nº 306/04 e a Resolução CONAMA nº 358/05, classificam os RSS em cinco grupos: A, B, C, D e E.

Grupo A – engloba os componentes com possível presença de agentes biológicos que, por suas características de maior virulência ou concentração, podem apresentar risco de infecção. Exemplos: placas e lâminas de laboratório, carcaças, peças anatômicas, tecidos, bolsas de sangue usadas, animais mortos, etc. Este grupo é subdividido em cinco subgrupos: A1, A2, A3, A4 e A5, cada um com características próprias e gerenciamento diferente.

Grupo B – contém substâncias químicas que podem apresentar risco à saúde pública e ao meio ambiente, dependendo de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade e toxicidade. Exemplos: medicamentos vencidos, reagentes de laboratório, resíduos contendo metais pesados, quimioterápicos, etc.

Grupo C – 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, como, por exemplo, serviços de medicina nuclear e radioterapia (MANUAL TÉCNICO ANVISA, 2006).

Grupo D – não apresentam risco biológico, químico ou radiológico à saúde ou ao meio ambiente, podendo ser equiparados aos resíduos domiciliares. Exemplos: sobras de alimentos, resíduos de serviços administrativos, podas de árvores e jardins, resíduos de varrição, etc.

Grupo E – materiais perfuro-cortantes ou escarificantes, tais como lâminas de barbear, agulhas, ampolas de vidro, pontas diamantadas, lâminas de bisturi, lancetas, espátulas e outros similares.

2.1.6 Riscos atribuídos aos RSS

Há muita polêmica em torno dos reais riscos imputados pelos resíduos de serviços de saúde. De um lado há aqueles que vêem grande potencial de contaminação do homem e do meio ambiente a partir dos RSS, e por isso defendem um manejo diferenciado destes resíduos. Do outro lado, há aqueles que consideram desnecessário esse manejo diferenciado, pois acreditam que os resíduos domiciliares podem apresentar contaminação microbiológica semelhantes aos RSS (ZANON, 1987).

Conforme a WHO (CARVALHO, 2003), a exposição aos RSS com potencial perigoso pode resultar em doenças ou lesões aos trabalhadores e ao público em geral; degradação estética e contaminação do meio ambiente. A natureza perigosa dos RSS pode estar relacionada a uma ou mais das seguintes características:

presença de agentes infecciosos, presença de perfurocortantes, presença de substâncias químicas tóxicas ou perigosas e presença de radioatividade.

2.1.6.1 Potencial perigoso a partir de RSS infectantes (RSSI)

Os RSS infectantes são, sem dúvida, a maior fonte de preocupação para os gestores dos estabelecimentos de saúde, pois apresentam grande potencial de risco de contaminação aos trabalhadores e público em geral, devendo ser manuseados de forma diferenciada dos demais RSS.

Os perfurocortantes, por exemplo, não só podem criar uma porta de entrada para infecções (cortes e perfurações), como podem também infectar, se estes possuírem o agente infectante. Há bastante preocupação acerca da contaminação de pessoas com o vírus HIV e vírus das hepatites B e C, para os quais já ocorreram vários casos pelo mundo.

Na França, em 1992, oito casos de contaminação por HIV foram reconhecidos como infecções ocupacionais. Dois desses casos, envolvendo transmissão através de ferimentos em trabalhadores que manusearam resíduos (CARVALHO, 2003).

Nos Estados Unidos, em 1994, eram reconhecidos como infecção ocupacional 39 casos de contaminação pelo vírus HIV, sendo 32 casos a partir de lesão com agulha infectada (CARVALHO, 2003).

No Brasil há relato de três enfermeiras de hospital escola que sofreram picadas acidentais com agulhas usadas em pacientes contaminados com HIV, todos ocorridos em 1991, sendo que os exames anti-HIV, Antígeno Austrália (hepatite B) e VDRL (sífilis), foram todos soro negativos (RIBEIRO FILHO, 1999).

De acordo com a WHO (1999) apud CARVALHO (2003) poucos dados são disponíveis acerca dos impactos à saúde e ao meio ambiente, devido à exposição aos RSS. Uma melhor avaliação dos riscos e efeitos da exposição permitiriam melhorias significativas no gerenciamento dos resíduos e no planejamento de medidas de proteção mais adequadas (CARVALHO, 2003).

2.1.6.2 Impactos a partir de resíduos químicos e radioativos

Não há na literatura comprovação científica nem relatos de incidentes ocorridos com o público em geral ou com trabalhadores da área da saúde, devido a produtos químicos ou radioativos.

Com exceção do caso de Goiânia, ocorrido em 1988, cujo acidente foi atribuído à disposição inadequada de uma fonte de radiação proveniente de uma clínica de radioterapia, não há dados disponíveis sobre impactos à saúde a partir de RSS radioativos. Pode ser que mais casos tenham ocorrido, mas não foram documentados, porém esses resíduos também merecem atenção especial, pois se gerenciados de maneira incorreta, os impactos ao meio ambiente e às pessoas em geral, são bastante graves e abrangentes.

2.1.7 Gerenciamento de RSS

O gerenciamento dos RSS constitui-se em um conjunto de procedimentos de gestão, planejados e implementados a partir de bases científicas e técnicas, normativas e legais, com o objetivo de minimizar a produção de resíduos e proporcionar, aos resíduos gerados, um encaminhamento seguro, de forma eficiente, visando a proteção dos trabalhadores, a preservação da saúde, dos recursos

naturais e do meio ambiente. Deve abranger todas as etapas de planejamento dos recursos físicos, dos recursos materiais e da capacitação dos recursos humanos envolvidos no manejo de RSS (ANVISA , 2004).

Segundo IPT/CEMPRE (2000), gerenciamento é a escolha de alternativas em situações que envolvem múltiplas opções.

O gerenciamento dos resíduos dos serviços de saúde é uma atividade complexa, pois envolve tanto o manejo interno dos resíduos pelos estabelecimentos geradores, como o externo, que normalmente é realizado pelos serviços de limpeza publica municipais (D'ALMEIDA e VILHENA, 2000).

DALTRO FILHO e SANTOS (2000), em suas investigações identificaram vários problemas, com relação ao gerenciamento interno de RSS em alguns hospitais, como: falta de planejamento adequado para os locais de armazenamento, falta de padronizações locais (contêineres, simbologia, etc), escassez de recursos humanos, ausência de critérios claros e definidos de segregação, coleta interna adequada, não utilização de EPI pelos trabalhadores envolvidos diretamente na coleta, entre outros.

O Plano de Gerenciamento dos Resíduos de Serviços de Saúde (PGRSS) é o documento que aponta e descreve as ações relativas ao manejo de resíduos sólidos, que corresponde às etapas de: segregação, acondicionamento, coleta, armazenamento, transporte, tratamento e disposição final. Deve considerar as características e riscos dos resíduos, as ações de proteção à saúde e ao meio ambiente e os princípios da biossegurança de empregar medidas técnicas administrativas e normativas para prevenir acidentes (ANVISA, 2004).

2.1.7.1 Aspectos técnico-operacionais do manejo de RSS

Entende-se por manejo as operações de coleta, acondicionamento e armazenamento interno do resíduo hospitalar, ou seja, o conjunto de operações que precedem o tratamento no próprio estabelecimento gerador ou o seu transporte para tratamento e/ou disposição final, no caso dessas atividades serem feitas por uma empresa privada ou pela prefeitura municipal (IPT/CEMPRE, 2000).

Um dos pré-requisitos ao manejo eficiente, econômico e seguro dos resíduos de saúde é a identificação e classificação adequada dos resíduos, segundo o grau de periculosidade, pelo próprio estabelecimento gerador, uma vez que tal procedimento facilitará a coleta, manuseio e acondicionamento interno do material.

A segregação é uma das operações fundamentais para permitir o cumprimento dos objetivos de um sistema eficiente de manuseio dos resíduos. Consiste basicamente, na coleta diferenciada dos resíduos nos diversos setores do estabelecimento de saúde, com separação rigorosa e cuidadosa dos resíduos comuns (não-infectados) daqueles considerados infectantes ou químicos perigosos (IPT/CEMPRE, 2000).

Os recipientes de coleta interna e externa, assim como os locais de armazenamento onde são colocados os RSS, devem ser identificados em local de fácil visualização, de forma indelével, utilizando símbolos, cores e frases, além de outras exigências relacionadas à identificação de conteúdo e aos riscos específicos de cada grupo de resíduos. A identificação permite o reconhecimento dos resíduos contidos nos sacos e recipientes, fornecendo informações ao correto manejo dos RSS.

As vantagens de uma segregação eficiente na geração são:

- Reduzir os riscos para a saúde e ao meio ambiente, impedindo que resíduos infectantes ou especiais, que geralmente são frações pequenas, contaminem outros resíduos gerados no mesmo estabelecimento;
- Diminuir gastos, já que apenas passará por tratamentos especiais uma pequena fração, e não todos os resíduos gerados;
- Reciclar diretamente alguns resíduos que não requerem tratamento nem acondicionamentos prévios.

Sem uma segregação adequada, cerca de 70% a 80% dos resíduos gerados em serviços de saúde que não apresentam risco acabam potencialmente contaminados (MANUAL TÉCNICO ANVISA, 2006).

A coleta consiste em transferir os resíduos de forma segura e rápida das fontes de geração até o local destinado ao armazenamento temporário. Essa coleta compreende duas etapas: a coleta interna e a coleta externa.

A coleta interna é aquela realizada dentro da unidade, que consiste no recolhimento do lixo das lixeiras ou outros recipientes, e no seu transporte até um ponto de armazenagem (IPT/CEMPRE, 2000). Essas coletas devem seguir as instruções contidas na RDC ANVISA nº 306/04.

A coleta externa consiste no recolhimento do lixo armazenado nos pontos de acumulação internos e o seu transporte até os locais de disposição final e/ou tratamento. Para as coletas, sejam elas internas ou externas, devem ser definidos horários, pessoal, procedimentos, equipamentos e rotas para que essa atividade seja conduzida sem interferir no cotidiano da instalação (CETESB, 1997).

O acondicionamento deve estar de acordo com o tipo de resíduo, observando-se, principalmente, que materiais cortante, perfurantes ou líquidos devem ser

embalados em recipientes rígidos e resistentes. Para os resíduos do grupo B, deve-se observar a compatibilidade química dos produtos ou reagentes.

Um acondicionamento inadequado compromete a segurança do processo e o encarece. Recipientes inadequados ou improvisados, construídos com materiais sem a devida proteção, aumentam riscos de acidentes de trabalho. Os resíduos não devem ultrapassar 2/3 do volume dos recipientes. A RDC ANVISA nº 306/04 traz informações detalhadas sobre como devem ser os recipientes para acondicionamento dos RSS.

Após acondicionamento e coleta interna, os resíduos devem ser armazenados em abrigos, em recipientes coletores adequados, em ambiente exclusivo, aguardando a coleta externa.

O acesso a esses abrigos deve ser somente a pessoas autorizadas, os acessos devem estar identificados, as portas e janelas devem possuir telas para impedir entrada de insetos, as superfícies internas, pisos e paredes devem ser de material liso, resistente, lavável e possui ralo com saída para o sistema de tratamento de esgotos, as dimensões do abrigo devem levar em conta a geração de resíduos e a frequência de coleta (CETESB, 1997).

Caso os RSS do estabelecimento sejam enviados para tratamento externo, pode-se utilizar diferentes tipos de veículos, de pequeno ou grande porte, dependendo do volume gerado, sempre observando as condições sanitárias adequadas. O pessoal envolvido na coleta e transporte deve ser treinado, e observar rigorosamente a utilização de EPI, e no caso de resíduo infectante, os veículos devem estar devidamente identificados, os recipientes de acondicionamento de RSS não devem se romper, não poderá haver nenhum tipo de vazamento de líquido, etc.

2.2 TECNOLOGIAS EMPREGADAS NO TRATAMENTO DE RSS

Entende-se por tratamento dos resíduos sólidos, de forma genérica, quaisquer processos manuais, mecânicos, físicos, químicos ou biológicos que alterem as características dos resíduos, visando a minimização do risco à saúde, a preservação da qualidade do meio ambiente, a segurança e saúde do trabalhador (MANUAL TÉCNICO ANVISA, 2006). De acordo com a RDC ANVISA nº 306/04, o tratamento consiste na aplicação de método, técnica ou processo que modifique as características dos riscos inerentes aos resíduos, reduzindo ou eliminando o risco de contaminação, de acidentes ocupacionais ou de danos ao meio ambiente.

São várias as tecnologias disponíveis atualmente no mercado, porém praticamente todas apresentam alguns inconvenientes, tanto do ponto de vista sanitário/ambiental, quanto do ponto de vista econômico, e são poucos os estabelecimentos de saúde que dispõem de tecnologia para tratar resíduos infectantes ou especiais. Porém, todo sistema de tratamento de RSS deve ser objeto de licenciamento ambiental, de acordo com a Resolução CONAMA nº 237/97 (CONAMA, 1997) e são passíveis de fiscalização e controle pelos órgãos de vigilância sanitária e de meio ambiente.

De acordo com a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (IBGE, 2002) somente 3.466 municípios brasileiros (63% do total de municípios pesquisados) realizam a coleta do resíduo hospitalar, totalizando 4.072 toneladas de resíduos por dia. Deste total de municípios, 1.193 (34%) não realizam nenhum tipo de tratamento. Isso demonstra que não há dados confiáveis do real valor da quantidade diária de RSS gerados no país, nem da disposição e tratamento dos mesmos.

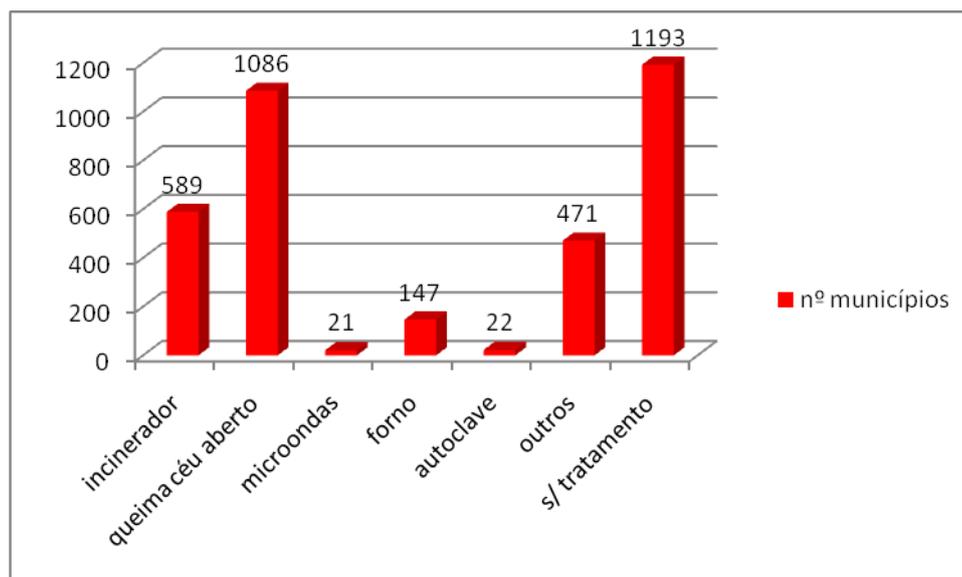


Figura 3 – tipos de tratamentos de RSS por número de municípios pesquisados

Fonte: IBGE, 2002

Segundo o Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil (ABRELPE, 2007), o Brasil possui uma significativa capacidade instalada de tratamento de RSS distribuída em todas as macro-regiões, porém percebe-se a ausência de oferta de serviços para o tratamento de RSS em algumas unidades da federação. No entanto, nos Estados em que essa oferta é detectada, verifica-se a existência de uma legislação efetiva e/ou uma fiscalização atuante.

Importante salientar que os dados da pesquisa realizada pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais referem-se a empresas privadas. Não aparece nesta pesquisa os sistemas de tratamento operados pelas prefeituras municipais.

Tabela 3 – Distribuição capacidade instalada por tipo de tratamento de RSS (t/dia)

Macro Região	UF	Autoclave	Desativação térmica	Incineração	Microondas	Total geral
Norte	PA	-	-	4,00	-	4,00
Subtotal		-	-	4,00	-	4,00
Nordeste	AL	-	-	2,50	-	2,50
	BA	10,00	-	2,50	-	12,50
	CE	-	-	20,00	-	20,00
	MA	-	-	7,50	-	7,50
	PB	-	-	2,50	-	2,50
	PE	-	-	17,00	-	17,00
	PI	7,00	-	2,50	-	9,50
	RN	-	-	10,00	-	10,00
Subtotal		17,00	-	64,50	-	81,50
Centro-Oeste	DF	-	-	30,00	-	30,00
	GO	18,00	-	-	-	18,00
Subtotal		18,00	-	30,00	-	48,00
Sudeste	ES	-	-	14,00	-	14,00
	MG	10,00	-	22,00	-	32,00
	RJ	7,00	-	12,50	5,00	24,50
	SP	128,00	100,00	34,00	38,00	300,00
Subtotal		145,00	100,00	82,50	43,00	370,50
Sul	PR	28,50	-	2,50	7,00	38,00
	RS	44,00	-	-	-	44,00
	SC	2,00	-	2,00	-	4,00
Subtotal		74,50	-	4,50	7,00	86,00
Total		254,50	100,00	185,50	50,00	590,00

Fonte: PANORAMA DE RESÍDUOS SÓLIDOS ABRELPE (2007)

De acordo com diversas literaturas pesquisadas (IPT/CEMPRE, 2000; PHILIPPI JR. et al, 2008; LIMA, 2004; CALDERONI, 2003; CETESB, 1997; MANUAL TÉCNICO ANVISA, 2006; CARVALHO, 2003), os principais sistemas e tecnologias utilizadas no tratamento de RSS são: desinfecção química; esterilização a vapor (autoclavagem); esterilização por gases; inativação térmica; incineração; radiações ionizantes; microondas; tocha de plasma; encapsulamento; pirólise; radiação.

Algumas destas tecnologias ainda encontram-se em estágio de pesquisas e/ou testes, outras já operam em escala comercial, porém, devido principalmente a altos custos operacionais, são pouco difundidas. No Brasil existem cerca de 400 incineradores instalados juntos a unidades de saúde, sendo que 63% dos municípios enviam seus resíduos de serviços de saúde para incineração; 22% dos municípios optam pela autoclavagem destes resíduos; 5% enviam direto a aterros e 10% para outros tipos de tratamento (CALDERONI, 2003).

2.2.1 Autoclavagem

2.2.1.1 Histórico e definição

A autoclavagem consiste na aplicação de vapor saturado sob pressão superior a atmosférica, com a finalidade de se obter esterilização do material (IPT/CEMPRE, 2000). Neste processo, o RSS passa por um tratamento térmico, que consiste em mante-lo sob pressão à temperatura elevada, por meio de contato com vapor saturado, durante período médio de trinta minutos, até a eliminação de microorganismos, em níveis que não sejam possíveis detecta-los em meio de cultura padrão (REVISTA GESTÃO DE RESÍDUOS, 2006).

Após o tratamento, o resíduo deve ser encaminhado para aterro sanitário, já que não possui mais risco de contaminação.

De acordo com CETESB (1997), até o ano de 1997, ainda não havia no Brasil, sistemas de tratamento de RSS através de autoclavagem. Porém, após esse período, houve crescente desenvolvimento da técnica no país, e hoje cerca de 22% dos municípios brasileiros enviam seus resíduos para tratamento através da autoclavagem (CALDERONI, 2003).

O uso do vapor como agente esterilizante é uma prática comum, mesmo antes dos primeiros estudos de microbiologia comprovarem sua eficácia (SINETA, 1999). A mais famosa autoclave utilizada até os dias atuais talvez seja aquela que leva o nome do seu idealizador, o físico e biólogo Charles Chamberland (1851-1908) (SINETA, 1999). Neste tipo de esterilizador, uma fonte de calor na base do dispositivo gera a energia necessária para vaporização da água em seu interior e, à medida que o vapor vai sendo gerado, a mistura ar-vapor que surge vai sendo retirada por uma válvula mecânica na parte superior do recipiente, até que se obtenha o máximo de vapor saturado, a uma dada temperatura e pressão, de acordo com a lei dos gases ideais (SINETA, 1999). A partir deste ponto inicia-se a contagem de tempo de exposição e, ao término deste, descarrega-se o vapor da câmara e retira-se o material.

No Brasil, a primeira autoclave específica para RSS foi desenvolvida pela empresa Baumer e instalada na Contemar Ambiental Comércio de Containers, na cidade de Sorocaba (REVISTA GESTAO DE RESÍDUOS, 2006).

Com o passar dos tempos, essa técnica foi aprimorada, sendo incorporados diversos sistemas de controle eletro-eletrônicos, e hoje são equipamentos de média complexidade, exigindo-se algum treinamento para sua operação.

2.2.2 Aspectos técnicos-operacionais da autoclavagem

O processo de autoclavagem inclui ciclos de compressão e de descompressão de forma a facilitar o contato entre vapor e os resíduos (MANUAL TÉCNICO ANVISA, 2006). Os valores usuais de pressão são da ordem de 3,0 a 3,5 bar e a temperatura pode atingir até 150°C.

São três as variáveis desse processo: presença de umidade, temperatura e tempo. A umidade e a temperatura são fornecidas pelo vapor, que deve ser mantido em contato com os materiais pelo tempo necessário para se alcançar a letalidade desejada. A relação entre tempo e temperatura é logarítmica, o aumento da temperatura diminui exponencialmente o tempo necessário para a esterilização do material (REVISTA GESTÃO DE RESÍDUOS, 2006).

O processo normal de autoclavagem comporta basicamente as seguintes operações:

- pré-vácuo inicial: criam-se condições de pressões negativas de forma a facilitar, na etapa seguinte, o contato do vapor com os resíduos;
- admissão de vapor: introdução de vapor na autoclave e aumento gradual da pressão de forma a criar condições para o contato entre vapor e os resíduos e para destruição dos invólucros que limitem o acesso do vapor a todas as superfícies;
- exposição: manutenção de temperaturas e pressões elevadas durante um determinado período de tempo, até se concluir o processo de descontaminação. De acordo com a carga a tratar, o operador define o tempo e a temperatura de cada ciclo;

- exaustão lenta: liberação gradual do vapor, que passa por um filtro poroso com malha suficientemente fina para impedir a passagem de microorganismos para o exterior da autoclave. A pressão é diminuída gradualmente, até atingir a pressão atmosférica novamente;
- arrefecimento da carga: redução da temperatura para que a retirada dos resíduos possa ser realizada de forma segura.

A autoclavagem não diminui o volume nem o peso dos resíduos, porém a grande maioria das empresas que operam esses sistemas, possuem equipamentos com trituração interna, antes ou depois da esterilização, que reduz os resíduos em até 80% do volume original (REVISTA GESTAO DE RESÍDUOS, 2006). A trituração executada antes de iniciado o ciclo de tratamento na autoclave, além de ajudar a reduzir o volume, aumenta a superfície de contato do vapor com o resíduo, tornando todo o processo mais eficiente.

De acordo com a RDC ANVISA nº 306/04 (ANVISA, 2004) e Resolução CONAMA nº 358/ 05 (CONAMA, 2005), os resíduos classificados como do grupo A (infectantes) devem passar por tratamento específico, visando a inativação microbiológica em níveis pré-estabelecidos, antes da disposição final. Sendo assim, os resíduos deste grupo podem ser tratados via autoclavagem, com exceção dos resíduos classes A3 e A5, que devem, obrigatoriamente, ser incinerados. Os resíduos classe E (perfurocortantes) também podem ser tratados via autoclavagem, para posterior disposição final em aterros especiais. Para resíduos classes B, C e D, os tratamentos devem ser de outra natureza, pois os mesmos não enquadram-se como resíduos infectantes.

Os sistemas de tratamento por autoclavagem são relativamente simples, compactos e não exigem grandes aparatos tecnológicos. Estão hoje presentes em diversos hospitais de médio e grande porte, que tratam seus resíduos na própria unidade. No caso de estabelecimentos de saúde que enviam seus resíduos contaminados para tratamento em terceiros, há uma grande variedade de empresas que realizam este trabalho, embora as mesmas estejam concentradas nas regiões Sul e Sudeste. O tratamento em autoclaves é o que exige menor investimento inicial, tem menor custo operacional por quilo de resíduo tratado, além da produção dos equipamentos e componentes serem nacionais, o que diminui problemas com reposição de peças (REVISTA GESTAO DE RESÍDUOS, 2006).

2.2.1.3 Geração de efluentes e emissões atmosféricas no processo de autoclavagem

Durante o tratamento de RSS via sistema de autoclavagem, não há formação de gases, névoas ou vapores, não ocorrendo emissões atmosféricas. O que ocorre é a liberação de ar quente, após o final do processo, porém este ar quente passa através de filtros especiais, antes de serem liberados no meio.

A geração de efluentes se dá pelo condensado formado durante o contato do vapor com o resíduo, porém esta geração é minimizada através do pré-aquecimento das paredes da autoclave, por meio de camisa externa (REVISTA GESTAO DE RESÍDUOS, 2006). Nos equipamentos mais modernos, o condensado, após nova esterilização, é reaproveitado ou enviado para tratamento específico. Outra fase que pode gerar algum tipo de efluente contaminado ocorre durante a limpeza interna do equipamento. Esse efluente deve ser encaminhado para tratamento externo ou para sistema de esgotamento público.



Figura 4 – Autoclave em operação - empresa Santec

Fonte: SITE DA EMPRESA, 2009



Figura 5 – Admissão de resíduo em autoclave - empresa Tratalix

Fonte: SITE DA EMPRESA, 2009



Figura 6 – Entrada para resíduo em autoclave - empresa Silcon
Fonte: SITE DA EMPRESA, 2009

2.2.2 INCINERAÇÃO

2.2.2.1 Histórico e definição

Desde os primórdios da civilização humana, a queima de resíduos vem sendo praticada. Os métodos empregados, apesar de rudimentares, consistiam em sua grande maioria em empilhar os resíduos e atear fogo diretamente (LIMA, 2004). Com a expansão das cidades, estas práticas tornaram-se inadequadas pelo incômodo causado às vizinhanças; assim, foram sendo substituídos por processos mais complexos e mais eficientes.

Um dos primeiros incineradores destinados à queima de lixo urbano foi projetado e construído por Alfred Fryer, em 1874, na cidade de Nottingham, Inglaterra (LIMA, 2004). O sistema de Fryer era rudimentar e de operação extremamente simples; consistia de um forno onde os resíduos eram dispostos manualmente e incinerados com a utilização de carvão (LIMA, 2004).

Foi a partir do início do século XX que os incineradores passaram a ser mais intensamente utilizados como forma de tratamento de resíduos sólidos urbanos. Nos Estados Unidos, por exemplo, em 1920 havia cerca de duzentas unidades de incineração em funcionamento, solucionando o problema de 150 cidades, como Nova York, Nova Jersey, Chicago, entre outras (LIMA, 2004).

No Brasil, o primeiro incinerador foi instalado na cidade de Manaus, em 1896, com capacidade para processar 60 toneladas de lixo doméstico por dia. Na cidade de São Paulo, em 1913, foi instalado um incinerador especial, com capacidade de processar 40 toneladas de lixo por dia, provido de sistema de recuperação de energia, que consistia de uma caldeira e um alternador, porém esse sistema de recuperação energética nunca chegou a funcionar, devido a problemas de adaptação à rede elétrica (CETESB, 1997).

A partir dos anos 50, graças a constantes trabalhos de pesquisa, os incineradores passaram a ser automatizados e tornaram-se mais eficientes, principalmente em relação à emissão de poluentes atmosféricos.

De acordo com Schneider et al (2004) “ a incineração consiste na oxidação de materiais a altas temperaturas , sob condições controladas, convertendo materiais combustíveis (resíduos) em não combustíveis (escórias e cinzas) com a emissão de gases”.

Segundo LIMA (2004) “ a incineração é definida como o processo de redução de peso e volume do lixo através de combustão controlada. Os remanescentes da incineração do lixo são, geralmente, gases como o dióxido de carbono; dióxido de enxofre; nitrogênio; gás inerte proveniente do ar utilizado como fonte de oxigênio e do próprio lixo; oxigênio proveniente do ar em excesso que não foi completamente

queimado; água; cinza e escórias que se constituem de metais e materiais inertes, como vidro, pedra etc.”

2.2.2.2 Aspectos técnicos-operacionais da incineração

Para a incineração de um resíduo, inicialmente deve-se efetuar uma caracterização completa do mesmo, pois esta varia de acordo com o tipo do estabelecimento. Esta caracterização engloba a determinação de:

- poder calorífico inferior (PCI): indica a quantidade de energia útil que pode ser liberada durante a queima do resíduo. Quanto maior o PCI, maiores serão as temperaturas atingidas e menor será o consumo de combustível do incinerador. Este fator é determinante na elaboração dos custos com a incineração do resíduo;
- análise imediata: determina o teor de umidade, cinzas e material volátil do resíduo. O teor de cinza determina o montante de material a ser descartado em aterro, também sendo fator de elevação do custo com disposição final;
- análise elementar: determina os teores de carbono, hidrogênio e nitrogênio, e possibilita avaliar a quantidade de ar necessária para realizar a combustão completa do resíduo;
- teores de elementos tóxicos: a partir dos teores médios de elementos tóxicos presentes no resíduo (mercúrio, cádmio, chumbo, cromo, níquel, cloro, enxofre etc.), pode-se estimar o potencial de geração e de formação de compostos tóxicos em processos de incineração e dimensionar adequadamente o sistema de limpeza de gases da unidade.

A tabela 4 apresenta os resultados obtidos numa caracterização feita em um hospital de Florianópolis (SC) (OROFINO, 1996). Apesar de não ser uma análise

completa, pode-se notar os altos teores de umidade e poder calorífico do resíduo, os quais são parâmetros importantes quando se pretende utilizar a incineração como forma de tratamento.

Tabela 4 – Caracterização química qualitativa e quantitativa dos RSS

Parâmetro/ fonte	Maternidade	Enfermaria	Ortopedia	Centro Cirúrgico	Outros ¹
Umidade (% peso)	59,3	24,1	7,8	28,6	12,2
Carbono (% peso)	32,3	30,8	27,6	27,9	32,0
Hidrogênio (% peso)	4,7	3,6	2,9	3,9	3,6
Enxofre (% peso)	0,3	0,0	1,4	0,5	0,3
Voláteis (% peso) ²	94,3	95,8	0,0	89,5	95,9
PCI (MJ/Kg)	6,652	11,962	-	10,119	14,495
Cloretos (% peso)	0,05	0,08	0,14	0,09	0,09

Fonte: OROFINO (1996)

Notas: 1 – Pronto-socorro, laboratório, administração etc.

2 – Sólidos voláteis (diferença entre o total de sólidos e as cinzas)

Normalmente os resíduos de serviços de saúde costumam apresentar conteúdos energéticos bastante elevados, porém também apresentam componentes tóxicos, como cloro e metais pesados. Desta forma, a incineração de RSS apresenta um grande potencial de geração de poluentes nos gases de combustão, exigindo cuidados adicionais nos sistemas de controle ambiental (IPT/CEMPRE, 2000).

Quanto à operação, é mister manter os parâmetros: temperatura; tempo de retenção; turbulência e disponibilidade de oxigênio.

A temperatura da câmara de combustão deve ser suficientemente alta (800 a 1000°C) para permitir a queima completa dos resíduos, a fim de permitir a queima completa dos resíduos, assim como a oxidação do gases liberados (LIMA, 2004). Nesta temperatura há a destruição de todos os agentes patogênicos presentes no resíduo infectante.

O tempo de permanência dos gases e dos resíduos na câmara de combustão deve ser de no mínimo dois segundos, a fim de se assegurar a exposição dos materiais à chama, efetivando a combustão completa (CETESB, 1997). A câmara deve ter seção transversal ampla para reduzir a vazão dos gases. Velocidades altas (tempo reduzido) aumentam a emissão de poluentes, pois maiores quantidades de partículas serão lançadas pela chaminé.

A turbulência oferece diversas vantagens ao processo, pois aumenta a área de contato das partículas com o oxigênio necessário, elevando a eficiência da queima. A turbulência é obtida artificialmente por injeção de ar em alta pressão em locais estratégicos da câmara de combustão (LIMA, 1997).

Por último, a disponibilidade de oxigênio em taxas adequadas ao processo, com a finalidade de assegurar a completa destruição dos resíduos e gases formados.

Os processos de incineração do lixo podem ser classificados em dois tipos: estáticos e dinâmicos.

Os incineradores estáticos ou de batelada caracterizam-se por seu funcionamento intermitente. Em geral são de fácil operação e tecnologia bastante simples. O processo envolve quatro estágios ou fases principais: alimentação do forno; combustão dos resíduos; resfriamento e tratamento dos gases e produtos da combustão; emissão dos gases ou escórias.

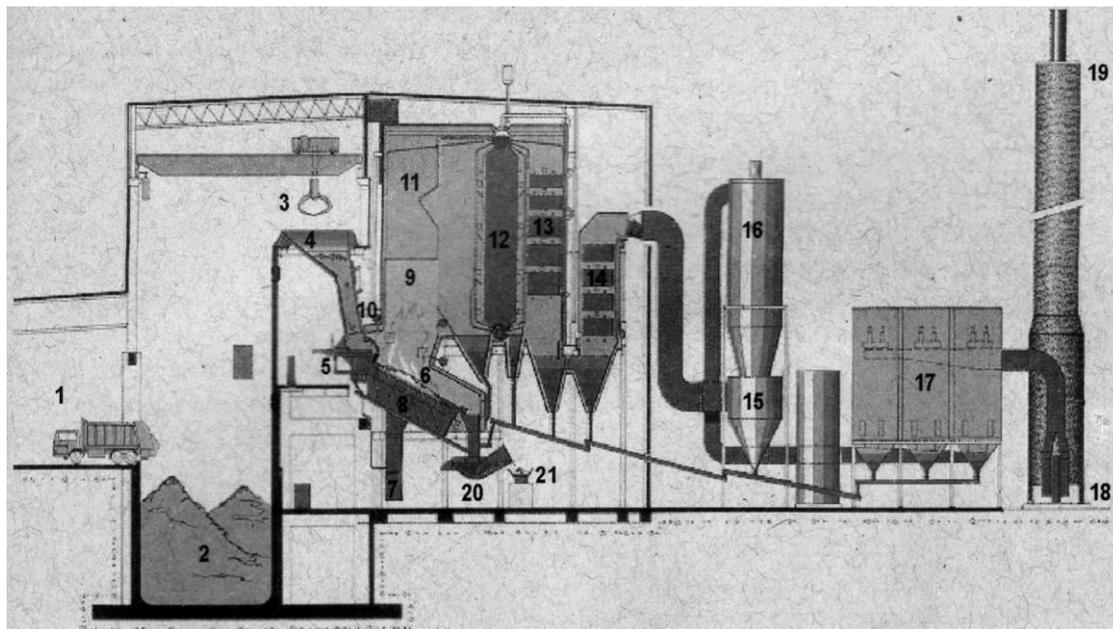
Os incineradores dinâmicos ou contínuos caracterizam-se por seu funcionamento direto. São mais complexos e operacionalmente mais sofisticados. O processo envolve seis estágios: alimentação do forno; secagem do lixo; combustão

dos resíduos; resfriamento dos gases e outros produtos da combustão; filtragem e tratamento dos gases; emissão dos gases e escórias.

Os incineradores dinâmicos ou contínuos tem em geral grande capacidade, e os modelos mais recentes podem incinerar até 3.000 toneladas de lixo por dia (LIMA, 2004). Já os incineradores batelada, são utilizados por estabelecimentos menores, tais como hospitais, portos e aeroportos, sendo sua capacidade de incineração entre 500 a 1000 quilos de lixo por dia.

Os processo de incineração em escala comercial pode ser dividido em três grandes grupos: combustão em grelha, em câmaras múltiplas e leito fluidizado (IPT/CEMPRE, 2000). Os equipamentos com fornos rotativos se aplicam mais a resíduos de origem industrial.

Os incineradores com combustão em grelha são os mais empregados na incineração de RSS e resíduos domésticos. Já em 1992 existiam mais de 1600 unidades no mundo, muitas delas com geração de energia elétrica ou vapor para aquecimento (IPT/CEMPRE, 2000). A grelha inclinada, do tipo basculante, desloca o resíduo através da câmara de combustão, provocando o seu revolvimento e a sua exposição às regiões de alta temperatura. Cerca de 60% do ar de combustão preaquecido é introduzido por baixo da grelha, e o restante entra por sobre a carga, injetado em alta alta velocidade para criar uma região de alta turbulência e promover a mistura dos resíduos. A temperatura na região da grelha atinge 1200°C. ao final da grelha, a fração orgânica deve estar quase totalmente consumida, restante a fração inorgânica, denominada cinza de fundo. Os gases resultantes da queima passam por uma região de troca de calor, onde irão preaquecer o ar de combustão, e então seguem para sistema de lavadores de gases, antes de serem liberados na atmosfera.



- | | | |
|----------------------------|---------------------------------|------------------------|
| 1. Caminhão de coleta | 8. Ventaneiras sob a grelha | 15. Ciclone |
| 2. Fosso de estocagem | 9. Fornalha | 16. Lavador Venturi |
| 3. Ponte rolante com garra | 10. Sopradores de ar secundário | 17. Filtro de tecido |
| 4. Silo de alimentação | 11. Caldeira | 18. Exaustor |
| 5. Êmbolo de Alimentação | 12. Evaporador | 19. Chaminé |
| 6. Grelha basculante | 13. Preaquecedor de ar | 20. Extrator cinzas |
| 7. Ventilador ar primário | 14. Economizador | 21. Correia transporte |

Figura 7 – esquema de usina de incineração com recuperação de energia

Fonte: IPT/ CEMPRE (2000)

Os incineradores de câmaras múltiplas são pequenas unidades de incineração de resíduos sólidos, com capacidade variando de 0,2 a 200 toneladas por dia (LIMA, 2004). Elas são compostas por duas câmaras revestidas de refratário, e podem operar de forma descontínua. O resíduo é alimentado à primeira câmara por um êmbolo e a carga vai caminhando ao longo das grelhas fixas. O resíduo vai sendo consumido, e ao final da primeira câmara as cinzas são descarregadas e apagadas em tanques de água. Os gases não queimados seguem para a segunda câmara, onde há excesso de ar, e as temperaturas chegam a 1200°C. Unidades de menor capacidade (até 1 tonelada por dia) operam de forma descontínua, com alimentação manual, sendo amplamente utilizados no tratamento de RSS. No

entanto, mesmo com boas práticas de combustão, há acentuada emissão de poluentes, como gases ácidos, voláteis, material particulado entre outros (IPT/CEMPRE, 2000).

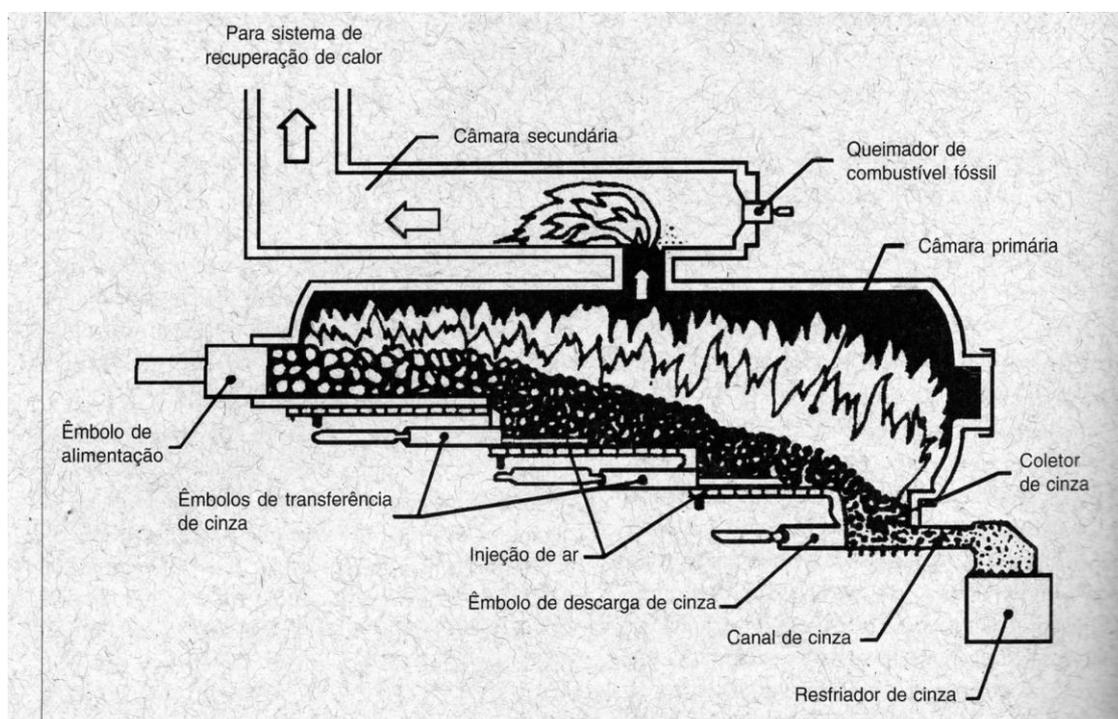


Figura 8 – desenho esquemático de um incinerador de câmaras múltiplas

Fonte: IPT/CEMPRE (2000)

Sistemas de combustão e gaseificação em leito fluidizado vem sendo empregados nos últimos 60 anos, tendo sido inicialmente desenvolvidos para a gaseificação de carvão mineral na Alemanha (IPT/CEMPRE, 2000). Hoje esta tecnologia vem sendo empregada na incineração de resíduos perigosos.

A capacidade destes incineradores situa-se entre o de grelha e o de câmaras múltiplas, com dimensões variando de três a quinze metros de diâmetro e dez a quinze metros de altura (LIMA, 2004).

Nestes equipamentos, um material fino inerte, normalmente areia, é mantido em suspensão por uma corrente de ar injetado na base do leito, chamado de ar de fluidização. Este leito de areia em suspensão se comporta como um líquido e, no início da operação, é aquecido por queimadores auxiliares. Quando a temperatura

atinge 400° C, inicia-se a alimentação do resíduo. As partículas do resíduo trocam calor com a areia, e entra em combustão rapidamente. Os compostos arrastados do leito, na forma sólida ou gasosa, são queimados na região superior do leito (IPT/CEMPRE, 2000), e enviados para sistema de lavadores.

Essas unidades apresentam algumas desvantagens, como a necessidade de um beneficiamento prévio do resíduo, principalmente dimensional, reposição constante do material inerte e complexidade operacional (LIMA, 2004).

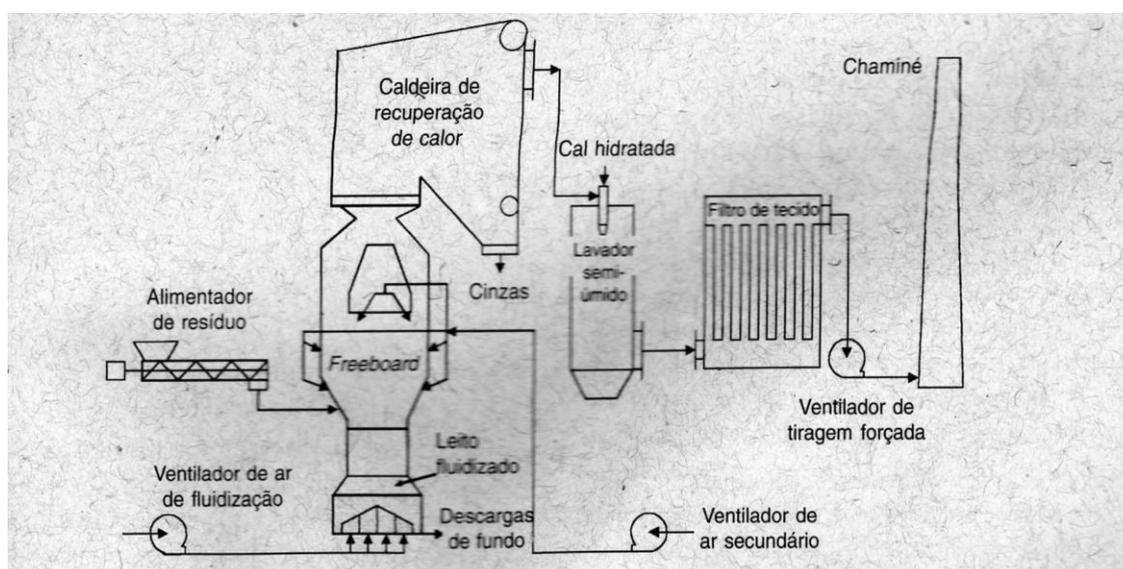


Figura 9 – esquema de um incinerador de leito fluidizado

Fonte: IPT/CEMPRE (2000)

2.3 Poluentes em sistemas de incineração

O processo de incineração ideal deveria gerar apenas três produtos: dióxido de carbono, água e cinzas. Porém, devido à presença de alguns elementos nos resíduos sólidos, pode-se formar ou volatilizar compostos, como óxidos de enxofre, óxidos de nitrogênio, ácido clorídrico, cloretos, etc, que, se lançados diretamente na atmosfera, causam problemas de poluição atmosférica. Ainda em caso de

problemas operacionais, também pode ocorrer formação de outros poluentes, tais como monóxido de carbono, fuligem, dioxinas, furanos, etc.

O processo de incineração apresenta cinco pontos de geração de poluentes: cinzas de fundo, cinzas de arraste, efluente líquido de limpeza dos gases, lamas do tratamento dos lavadores de gases e os próprios gases (IPT/CEMPRE, 2000).

Quadro 4 – Fase dos principais poluentes em sistemas de incineração

Poluente	Fase
Material particulado (cinzas)	Sólida
Efluentes líquidos dos lavadores de gases	Líquida
Lama do sistema de tratamento de efluentes	Sólida
Óxidos de enxofre	Gasosa
Óxidos de nitrogênio	Gasosa
Metais tóxicos	Sólida e gasosa
Compostos orgânicos tóxicos	Gasosa
Ácido clorídrico	Gasosa
Ácido fluorídrico	Gasosa
Cloro	Gasosa

Fonte: IPT/CEMPRE (2000)

Todo resíduo sólido formado durante o processo de incineração, deve ser disposto em aterros especiais e, para tal, deverá ser realizada a caracterização deste resíduo, seguindo os procedimentos da NBR 10.004 da ABNT.

Os efluentes líquidos devem passar por tratamentos específicos, antes de serem descartados em rios ou córregos, ou ainda na rede pública de esgoto. Em qualquer das alternativas, é preciso que se cumpra as legislações referentes a parâmetros mínimos de qualidade de águas residuárias.

Um dos maiores problemas ambientais enfrentados pelos gestores de sistemas de incineração é, sem dúvida, as emissões gasosas.

O cloro presente em resíduos sólidos, como plásticos de PVC, por exemplo, ao serem incinerados liberam ácido clorídrico e cloro gasoso, compostos extremamente corrosivos em altas temperaturas, podendo acarretar sérios problemas de corrosão no interior dos incineradores. Além disso, esses compostos clorados, ao entrar em contato com compostos orgânicos não queimados, e na presença de alguns metais catalisadores, podem levar à formação de dioxinas e furanos (IPT/CEMPRE, 2000). Essas substâncias são extremamente tóxicas e, embora sua formação no processo de incineração seja mínima, deve-se tomar todas as medidas de controle disponíveis para evitar a emissão das mesmas.

A emissão de gases sulfurosos também deve ser controlada durante o processo, pois esses gases são extremamente corrosivos, e contribuem para a formação de chuvas ácidas (LIMA, 2004).

O arraste de metais pesados, causado principalmente pela presença de compostos clorados, é outro ponto crítico na incineração de resíduos, e deve ser objeto de atenção no controle operacional e ambiental do sistema. Os metais pesados são altamente tóxicos, de efeito cumulativo e alguns cancerígenos.

A Resolução CONAMA nº 316, de 29 de outubro de 2002 (CONAMA, 2002) dispõe sobre os procedimentos e critérios para operação de sistemas de tratamento térmico de resíduos. Esta Resolução traz os limites máximos para diversos poluentes que podem ser emitidos no processo de incineração, além de diversas exigências técnicas e operacionais a serem seguidas.

2.3.1 Controle da poluição em sistemas de incineração

O procedimento de separação de materiais que podem gerar poluentes tóxicos deve ser adotado como primeira estratégia para controlar a geração ou formação de poluentes (LIMA, 2004). Outra maneira é através de boas práticas de combustão, e para tal requer sistema de monitoração e controle do excesso do ar, tempo de residência do material e dos gases, temperatura de combustão, manutenção periódica dos equipamentos, etc.

Mesmo que todas essas medidas preventivas sejam tomadas, ainda torna-se essencial a instalação de sistemas de lavagem de gases. Como exemplo destes sistemas, pode-se citar um sistema onde os gases que saem da câmara de combustão do incinerador passam pelo lavador seco ou úmido para retirada de gases ácidos e, em seguida, por filtros onde ficam retidas as partículas finas, e só então são lançados pela chaminé. Um sistema de controle de poluição atmosférica pode ter várias configurações, dependendo do porte do incinerador.

Nos sistemas de incineração podem ser utilizados lavadores úmidos do tipo venturi, torres de sprays e torres de enchimento (IPT/CEMPRE, 2000). São equipamentos versáteis no que se refere à coleta de material particulado e absorção de gases e vapores ácidos.

Os lavadores a seco e semi-úmidos são utilizados para a remoção de gases ácidos e alguns vapores de compostos orgânicos e metais. A principal diferença com lavadores úmidos está na quantidade de água empregada (LIMA, 2004).

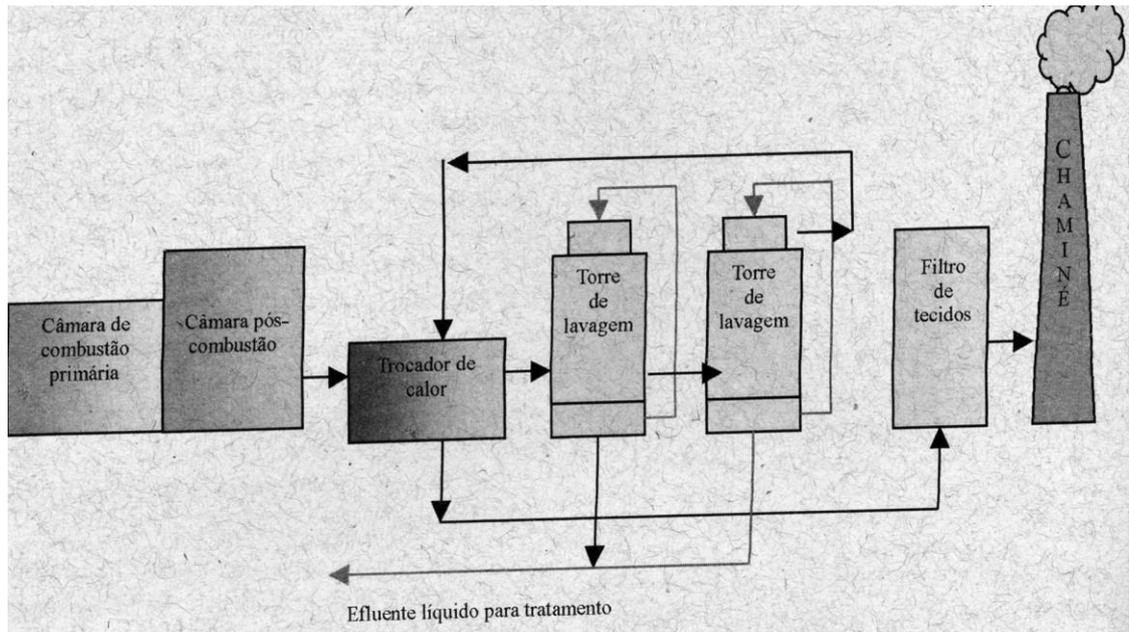


Figura 10 – desenho esquemático de sistema de controle de poluentes

Fonte: IPT/CEMPRE (2000)

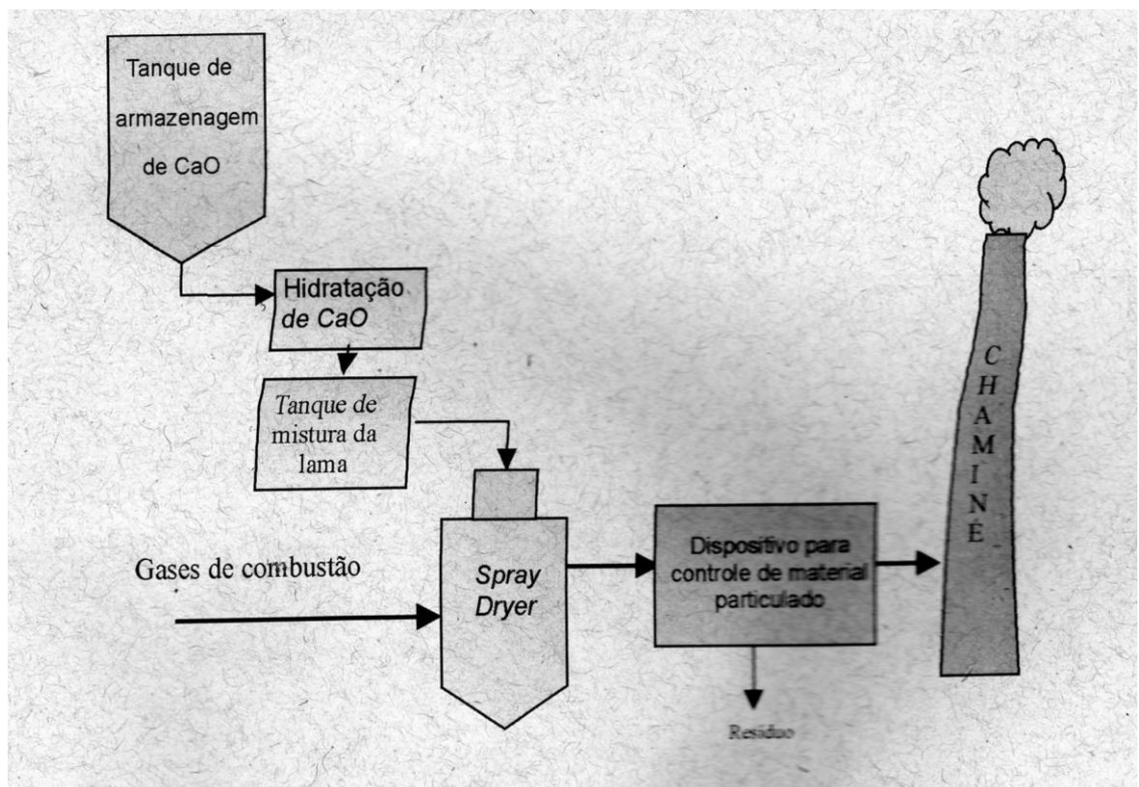


Figura 11 – Absorção de gases pelo processo semi-úmido

Fonte: IPT/CEMPRE (2000)

3 PROPOSIÇÃO

O presente trabalho destina-se a apresentar subsídios técnicos para tomada de decisão, no momento de se optar pelo melhor tipo de tratamento para resíduos de serviços de saúde, entre as duas técnicas mais difundidas atualmente, a incineração e a autoclavagem.

Também procura-se, através deste, demonstrar a importância da correta gestão dos RSS, visto os grandes problemas que podem ser causados devido a grande periculosidade deste tipo de resíduo.

Entre as duas técnicas de tratamento já citadas são várias as diferenças, sob diversos aspectos. Porém, ambas podem ser utilizadas com sucesso no tratamento de resíduos infectantes, e a escolha entre uma e outra irá depender de vários fatores, cabendo ao gestor responsável por essa decisão buscar, através de sólidos conhecimentos práticos e teóricos, a técnica que melhor se encaixa ao tipo de resíduo que se deseja tratar.

Por último, busca-se demonstrar através deste trabalho, a importância da segregação e minimização dos resíduos na fonte, diminuindo os custos com tratamento e disposição final, e também os riscos ambientais e ocupacionais.

4 MÉTODO

Esta pesquisa é descritivo-bibliográfica, pois se dá através da utilização de artigos, livros, normas legais, relatórios, revistas técnicas, dissertações e teses, fazendo uma conexão ao tema abordado, analisando os principais aspectos técnicos, legais e ambientais relacionados ao tratamento de resíduos de serviços de saúde, enquanto peças fundamentais no correto gerenciamento deste tipo de resíduo perigoso.

O método de abordagem utilizado foi o dedutivo, pois fundamentado em estudos e análises pode-se evidenciar ações para se promover benefícios ao meio ambiente, à saúde pública e também ao pessoal envolvido nas diversas etapas do gerenciamento de RSS.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A geração de resíduos é algo intrínseco ao desenvolvimento de qualquer comunidade. No tocante aos resíduos hospitalares, isso não é diferente, pois à medida que há um desenvolvimento do sistema de saúde, principalmente o sistema público, através da criação de mais leitos, clínicas, centros de exames e diagnósticos, há conseqüentemente um aumento proporcional na geração dos resíduos de serviços de saúde. Como lidar com esses resíduos, de modo a evitar acidentes e contaminação do meio ambiente, é o grande desafio dos gestores de resíduos. A Resolução CONAMA nº 358/ 05 e a RDC ANVISA nº 306/ 04 constituem um grande marco na legislação sobre este tema no país, e a importâncias destas duas obrigações legais servem de apoio àqueles que sempre buscaram melhorias no gerenciamento de RSS.

Hoje, a gestão correta dos RSS tornou-se peça obrigatória, através da elaboração do Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde (PGRSS), e as etapas de classificação, segregação, acondicionamento, armazenamentos interno e externo, transporte, treinamento de pessoal, até o tratamento e disposição final do resíduo deve ser realizada por todos os estabelecimentos listados nas legislações específicas.

Hoje o grande desafio na gestão completa dos resíduos de saúde está no fato dos custos que isso pode trazer, principalmente em hospitais públicos ou de pequeno porte. Entre estes custos, talvez o maior esteja no tratamento e na disposição final dos resíduos. Segundo CALDERONI (2003), há mais de quatrocentos incineradores instalados junto a unidades de saúde no Brasil, sob responsabilidade das mesmas. No país, 63% do resíduo hospitalar coletado é

incinerado, a maior parte em empresas privadas, especializadas na prestação deste tipo de serviço, porém com custos as vezes muito elevados. Esses custos normalmente variam conforme a distância do gerador, a quantidade de resíduo e os contaminantes presentes no mesmo.

A técnica de incineração, conforme exposto neste trabalho, traz vários benefícios, pois entre as vantagens deste tipo de tratamento, pode-se citar: redução drástica de volume (até 95%) e da massa (até 70%) inicial do resíduo; descaracterização completa, pois transforma toda a massa inicial em cinzas e gases; é a única técnica eficaz e prevista na legislação para tratar todos os tipos de resíduo infectante (A1, A2, A3, A4 e A5); também pode ser utilizada no tratamento e descaracterização dos resíduos do grupo B (químico) e grupo E (perfurocortante); podem operar com sistemas de recuperação de energia; não emitem odores desagradáveis; diminui a quantidade de resíduo a ser disposto em aterros, aumentando a vida útil dos mesmos; esterilização total dos resíduos, devidos a altas temperaturas (até 1200°C) atingidas durante o processo de queima. Visto dessa maneira, a incineração é, sem dúvida uma ótima opção para o tratamento de RSS, porém deve-se levar em consideração outros fatores, que demonstram algumas desvantagens quando da sua utilização, as quais são: apresentam altos custos de implantação e operação, sendo necessário também mão-de-obra especializada para uma operação eficiente; necessário elaboração de oneroso processo de licenciamento ambiental antes de sua implantação e operação; visão negativa da população do entorno; necessidade de caracterização dos resíduos e das cinzas, conforme norma ABNT NBR 10004; caso as cinzas tenham concentrado compostos perigosos, haverá elevação dos custos com disposição final em aterros; complexidade dos sistemas de neutralização e limpeza dos gases gerados; custos

com tratamento de efluentes líquidos gerados nos sistemas de lavagem de gases; problemas de corrosão no interior da câmara de combustão, aumentando custos de manutenção; e o principal problema levantado pelos críticos desta técnica, a geração de dioxinas e furanos, devido a presença de compostos contendo cloro. As dioxinas e furanos são extremamente nocivos ao homem, e muitos países estão tentando eliminar os sistemas de incineração devido a possibilidade de geração destes poluentes. Não há métodos e tecnologias definitivas que venham a eliminar a possibilidade de geração destes poluentes e, partindo do princípio da precaução, muitos preferem descartar a incineração como método ambientalmente seguro de tratamento de resíduos.

A autoclavagem, hoje responsável por 22% do tratamento dos resíduos de serviços de saúde no Brasil, segundo dados do IBGE (2002), é uma tecnologia relativamente nova no país, ainda mais se comparada à incineração. Porém, é um método de tratamento de resíduos infectantes que vem se desenvolvendo bastante, e hoje já conta com diversas empresas privadas especializadas. A autoclavagem de materiais hospitalares é algo bastante familiar para os trabalhadores do setor de saúde, e talvez por isso esteja sendo bastante aceita no tratamento de resíduos.

A autoclavagem apresenta grandes vantagens, dentre as quais pode-se destacar: baixo custo de operação e manutenção; baixa complexidade operacional, não sendo necessária mão-de-obra extremamente especializada; a maioria dos equipamentos incluem sistema de trituração prévia de resíduos, ocasionando na diminuição do volume dos mesmos, em até 20%; é um processo considerado limpo, pois a geração de efluentes é mínima, e também não há emissão de poluentes gasosos, não sendo necessária instalação de complexos sistemas de lavagem e neutralização de gases; necessita de pequena área para instalação; é bastante

eficiente na eliminação da patogenicidade dos resíduos; não ocorre formação de compostos perigosos, como dioxinas e furanos, mesmo na presença de cloro e metais, pois não operam a altas temperaturas; não há concentração de metais, como pode ocorrer em cinzas de incineradores; pode ser utilizado no tratamento de resíduos classe E (perfluorocortantes).

Porém, alguns resíduos não podem ser tratados por este sistema, como é o caso dos RSS do grupo A3 e A5 (ANVISA, 2004), e também resíduos químicos (grupo B). Outro ponto negativo neste sistema é que para uma efetiva inativação microbiológica, o resíduo não pode ser alimentado em grandes quantidades, e também suas dimensões devem ser reduzidas, para auxiliar no contato com o vapor. Os equipamentos mais sofisticados possuem trituração prévia dos resíduos, porém alguns sistemas não executam essa operação.

6 CONCLUSÃO

Diante do exposto, conclui-se que a gestão dos resíduos de serviços de saúde não deve se limitar somente ao envio dos resíduos ao sistema de tratamento, de acordo com a classe de cada um. Essa antiga visão, denominada “fim de tubo”, não pode mais ser utilizada, pois hoje deve-se levar em conta um série de fatores, sobretudo estratégicos, no momento de decidir sobre a melhor forma de tratamento.

A metodologia ambiental dos 3R (reduzir, reutilizar, reciclar) deve fazer parte do dia-a-dia de todos os envolvidos no gerenciamento de resíduos. No caso específico dos resíduos de saúde, a segregação na fonte é de extrema importância, pois isso pode diminuir drasticamente a geração de resíduos perigosos. A maior parte dos resíduos gerados em estabelecimentos de saúde podem ser tratados como resíduos inertes e/ ou recicláveis, pelo simples fato de não terem contato com resíduos infectantes e perigosos.

A partir do momento que a questão da geração do resíduo, com a devida redução na fonte for equacionada, a opção pela autoclavagem demonstra-se bastante atrativa, em comparação com a incineração. Porém, essa decisão dependerá de outros fatores, próprios de cada região e estabelecimento.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). **Manual de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde**. Brasília: Editora MS, 2006.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). **RDC nº 306, de 07 de dezembro de 2004**. Ministério da Saúde, 2004.

AKUTSU, J.; HAMADA, J. **Resíduos de Serviços de Saúde: avaliação de aspectos quali-quantitativos**. In: Seminário Internacional sobre Resíduos Sólidos Hospitalares, Paraná: Anais...1993, p.25-43.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil**, 2007. p.63-68. Disponível em: <<<http://www.abrelpe.org.br>>>. Acesso em: 08 fev. 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10004**. Resíduos Sólidos. Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

AZEVEDO MA de, HELLER L, SCHALCH V. Avaliação do Potencial de Risco para a Saúde da Disposição Inadequada dos Resíduos Sólidos. In: **Anais do 21 Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, 2001. João Pessoa, PB. ABES, 2001.

CALDERONI, S. **Os Bilhões Perdidos no Lixo**. São Paulo: Humanitas/FFLCH-USP, 1998. 346 p.

CARVALHO, S.M.L. **Gerenciamento de Resíduos Hospitalares a Avaliação da Secagem como Método de Redução de Volume e Grau de**

Periculosidade.Campinas:Universidade Estadual de Campinas, 2003.185 p. Tese (Doutorado).

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). **Resíduos Sólidos Domiciliares e de Serviços de Saúde: tratamento e disposição final.** São Paulo: CETESB, 1997. 40 p.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). **Incineração.** São Paulo: CETESB, 1997. 21 p.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA).**Resolução nº , de 29 de outubro de 2002.** Ministério do Meio Ambiente, 2002.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA).**Resolução nº 273, de 29 novembro de 2000.** Ministério do Meio Ambiente, 2000.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA).**Resolução nº 358, de 29 de abril de 2005.** Ministério do Meio Ambiente, 2005.

D'ALMEIDA, M.L. O.; VILHENA, A. **Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado.** São Paulo: IPT, 2000.

DALTRO FILHO, J.; SANTOS, D.C.G. **A Realidade dos Resíduos Sólidos nas Unidades de Saúde da Universidade Federal do Sergipe.** In: Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 9, 2000, Porto Seguro, Bahia, Brasil.Associação Brasileira de Engenharia Sanitária (ABES), 2000.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (IPT)/ COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA A RECICLAGEM (CEMPRE). **Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado.** São Paulo: IPT, 2000. 370 p.

LIMA, L.M.Q. **Lixo: tratamento e biorremediação**. 3. ed. São Paulo: Hemus, 2004. 265 p.

OROFINO, F.V.G. **Aplicação de Suporte Multicritério na gestão de resíduos sólidos de saúde – caso do hospital Celso Ramos**. Universidade Federal de Santa Catarina, 1996. Dissertação (Mestrado)

PHILIPPI JR. A. ; AGUIAR, A.O.; ANGELA, M.M.T. et al. **Saneamento, Saúde e Ambiente**. Barueri, SP: Manole, 2008.842p.

PHILIPPI JR. A. ; ROMERIO, M.A.; BRUNA, G.C.et al. **Curso de Gestão Ambiental**. Barueri, SP: Manole, 2004.1045p.

REVISTA GESTÃO DE RESÍDUOS. **A Situação dos Resíduos de Serviços de Saúde**. São Paulo: EFG, 2006. p. 14-19.

RIBEIRO FILHO, V.O. **Introdução ao Tratamento e Destino Final dos Resíduos de Saúde**. In curso: tratamento e destinação final de resíduos de serviços de saúde. São Paulo: Associação Brasileira de Limpeza Pública (ABPL), 1999.

SALIBA, T.M.; PAGANO, S.C.R.S. **Legislação de Segurança, Acidente do Trabalho e Saúde do Trabalhador**. 4. ed. São Paulo: LTr, 2007.

SANTEC RESÍDUOS. **Autoclave em operação (foto)**. Disponível em: <<http://www.santecresiduos.com.br/tratRSS.php>>. Acesso em: 8 fev. 2009.

SCHNEIDER, V.E. et AL. **Manual de Gerenciamento de Resíduos Sólidos de Serviços de Saúde**. 2.ed. Caxias do Sul, RS: Educs, 2004. 319 p.

SILCON AMBIENTAL. **Entrada para resíduo em autoclave (foto)**. Disponível em : <<http://www.silcon.com.br/br/serviços/>>. Acesso em: 8 fev. 2009.

SINETA, M.S. **Utilização de Autoclaves no Tratamento de Resíduos de Serviços de Saúde**. In curso: tratamento e disposição final dos resíduos de serviços de saúde. São Paulo: ABPL, 1999. p.64-79.

TRATALIX AMBIENTAL. **Admissão de resíduo em autoclave (foto)**. Disponível em: <<http://www.tratalix.com.br/tratamentos.htm>. Acesso em: 8 fev. 2009.

ZANON, U. **O que fazer com os resíduos hospitalares: proposta para classificação, embalagem, coleta e destinação final**. Rio de Janeiro: Universidade Federal Fluminense, 1991.

