

**UNIVERSIDADE DE RIBEIRÃO PRETO**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS, NATURAIS E TECNOLÓGICAS**  
**Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental**

**DESINFECÇÃO DE RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE**  
**POR AQUECIMENTO DIELÉTRICO DO TIPO**  
**MICROONDAS**

Ligia Ribeiro da Silva Tonuci

**Ribeirão Preto**  
**2006**

**Ligia Ribeiro da Silva Tonuci**

**DESINFECÇÃO DE RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE  
POR AQUECIMENTO DIELÉTRICO DO TIPO  
MICROONDAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Tecnologia Ambiental da Universidade de Ribeirão Preto para obtenção do título de Mestre em Tecnologia Ambiental.

Orientador – Prof. Dr. Reinaldo Pisani Júnior

**RIBEIRÃO PRETO  
2006**

Ficha catalográfica preparada pelo Centro de Processamento Técnico  
da Biblioteca Central da UNAERP

- Universidade de Ribeirão Preto -

T667d Tonuci, Lúcia Ribeiro da Silva, 1961 -  
Desinfecção de Resíduos de Serviços de Saúde por  
Aquecimento Dielétrico do tipo Microondas / Lúcia Ribeiro da  
Silva Tonuci. - - Ribeirão Preto, 2006.

108 f.

Orientador: Prof. Dr. Reinaldo Pisani Junior.

Dissertação (mestrado) – Departamento de Pós-Graduação em  
Tecnologia Ambiental da Universidade de Ribeirão Preto, área de  
concentração: Tecnologia Ambiental. Ribeirão Preto, 2006.

1. Tecnologia Ambiental. 2. Resíduos Serviços de Saúde. 3.  
Desinfecção. 4. Microondas. I. Título.

CDD: 660

**Ligia Ribeiro da Silva Tonuci**

**DESINFECÇÃO DE RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE  
POR AQUECIMENTO DIELÉTRICO DO TIPO  
MICROONDAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Tecnologia Ambiental da Universidade de Ribeirão Preto para obtenção do título de Mestre em Tecnologia Ambiental.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Valdir Schalch  
Universidade de São Paulo

---

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cristina Filomena Pereira Rosa Paschoalato  
Universidade de Ribeirão Preto

---

Prof. Dr. Reinaldo Pisani Júnior – Orientador  
Universidade de Ribeirão Preto

**Ribeirão Preto  
2006**

**DEDICO**

**A DEUS, Ser maior de todo o universo. Sem  
Ele, nada disso seria possível...**

## AGRADECIMENTOS

À minha família que compreendeu a minha ausência e muito me ajudou.

Ao Prof. Dr. Reinaldo Pisani Junior, pela orientação e compreensão.

À Prof<sup>a</sup> Dra. Cristina Paschoalato, pelo carinho, estímulo e dedicação. De maneira tão simples, cedeu o Laboratório de Recursos Hídricos da Universidade de Ribeirão Preto para a realização dos experimentos.

À ECONORTE, por fornecer amostrar dos RSS para os experimentos.

Ao DAERP (Departamento de Água e Esgoto de Ribeirão Preto), por permitir as constantes visitas ao Aterro Sanitário de Ribeirão Preto.

Ao Centro de Paula Souza que possibilitou financeiramente a realização do trabalho.

A todas as pessoas que participaram direta ou indiretamente da realização deste trabalho.

## RESUMO

Alternativas economicamente viáveis e ambientalmente seguras para o tratamento dos RSS é um desafio para os gestores em saúde principalmente nos países em desenvolvimento. O calor é utilizado em vários processos de tratamento de resíduos, o uso da radiação não ionizante do tipo microondas na desinfecção dos resíduos infectantes é uma realidade. Os RSS da cidade de Ribeirão Preto/SP, previamente esterilizado em autoclave, foi inoculado com número conhecido de microorganismos das espécies *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* e *Staphylococcus aureus* na forma vegetativa para o processo de aquecimento dielétrico provocado por microondas em escala de laboratório, reproduzindo a escala real. Analisou-se a influência do tempo de exposição à radiação (*E. coli*, 15, 25, 30, 35 e 40 min., *P. aeruginosa* e *S. aureus*, 25, 30, 35 e 40 min.), e da potência por unidade de massa de resíduo (60W/kg, 80W/kg e 100W/kg) no percentual de inativação dos microorganismos para a umidade de entrada do resíduo de 50% em massa. A fração de inativação foi bastante dependente das variáveis investigadas. Para *E. coli*, 100% dos microorganismos foram inativados em potência 100W/kg e 40 minutos de exposição, para *P. aeruginosa* 99% e *S. aureus* 88%, nas mesmas condições estudadas. Os resultados experimentais foram ajustados com base na lei de Chick (cinética de primeira ordem). As energias de ativação diminuíram com o aumento da potência, exceto para *P. aeruginosa* que forneceu valores praticamente constantes. Os valores obtidos permitiram verificar que a *E. coli* mostrou maior sensibilidade ao processo de tratamento, enquanto que o *S. aureus* foi o mais resistente para as condições estudadas. A técnica de inativação de resíduos de serviços de saúde pode ser efetiva, desde que as condições operacionais sejam bem estabelecidas. Os parâmetros potência por unidade de massa (W/Kg) de resíduo e tempo de exposição se mostraram fundamentais nessa condição estudada.

**Palavras-chaves:** resíduos de serviços de saúde, desinfecção, microondas, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* e *Staphylococcus aureus*.

## ABSTRACT

Economically viable and ambiently safe alternatives for the treatment of the medical wastes are a challenge for the health managers, mainly in the countries in development. The heat is used in some processes of treatment of residues, the use of the not ionizing radiation of the microwaves type in the disinfection of the infectious residues is a reality. The medical wastes of the city of Ribeirão Preto /SP, previously sterilized in autoclave, was inoculated with known number of microorganisms of the species *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* and *Staphylococcus aureus* in the vegetative form for the process of dielectric heating provoked by microwaves in laboratory scale, reproducing the real scale. It was analyzed the influence of the exposition time to the radiation (*E. coli*, 15, 25, 30, 35 and 40 min., *P. aeruginosa* and *S. aureus*, 25, 30, 35 and 40 min.), and also the influence of the power per unit of residue mass (60W/kg, 80W/kg and 100W/kg) in the percentage of inactivation of the microorganisms for the entrance humidity of the residue of 50% in mass. The inactivation fraction was sufficiently dependent on the investigated variable. For *E. coli*, 100% of the microorganisms were inactivated in power 100W/kg and 40 minutes of exposition, for *P. aeruginosa*. 99% and *S. aureus* 88%, in the same studied conditions. The experimental results were adjusted based on the law of Chick (kinetic first-class). The activation energies diminished with the increase of the power, except for *P. aeruginosa* that practically supplied constant values. The gotten values allowed verifying that the *E. coli* showed greater sensitivity to the treatment process, whereas the *S. aureus* was the most resistant for the studied conditions. The technique of inactivation of medical wastes can be effective, once the operational conditions are properly established. The parameters power for unit of residue mass and time of processing showed themselves essential in this definition.

**Keywords:** medical waste, disinfection, microwaves, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* e *Staphylococcus aureus*.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 Ordem crescente de resistência microbiana	24
Figura 3.2 Diagramas das vias de acesso dos agentes patogênicos para o homem através dos resíduos sólidos domiciliares dispostos inadequadamente	55
Figura 4.1 Vista anterior do sistema de microondas do município de Ribeirão Preto/SP	65
Figura 4.2 Vista posterior do sistema de microondas do município de Ribeirão Preto/SP	66
Figura 4.3 Microondas utilizado no estudo da desinfecção de RSS	69
Figura 4.4 Verificando umidade do RSS em laboratório	72
Figura 4.5 Quantidade de microorganismo inicial $N_0$	76
Figura 4.6 Quantidade de microorganismo final N	76

Figura 4.7 Plaqueamento da solução salina 0,9% em utilizada para experimento	77
Figura 4.8 Fluxograma da metodologia desenvolvida no estudo	78
Figura 4.9 RSS utilizados nos experimentos	80
4.10 Transporte de RSS no município de Ribeirão Preto/SP	80
Figura 5.1 Temperatura no centro da massa de RSS em função do tempo para as potencias em relação às massas de 60, 80 e 100 W/kg	83
Figura 5.2 Fração de inativação da <i>E. coli</i> em função do tempo para umidade no início de 50%	85
Figura 5.3 Energia de ativação para a desinfecção de resíduos de serviços de saúde com <i>E. coli</i> em função da potência para a umidade de 50% em massa	86
Figura 5.4 Fração de inativação da <i>P. aeruginosa</i> em função do tempo para umidade no início de 50%	88

Figura 5.5 Energia de ativação para a desinfecção de resíduos de serviços de saúde com *P. aeruginosa* em função da potência para a umidade de 50% 89

Figura 5.6 Fração de inativação do *S. aureus* em função do tempo para umidade no início de 50% 91

Figura 5.7 Energia de ativação para a desinfecção de resíduos de serviços de saúde com *S. aureus* em função da potência para a umidade de 50% 92

## LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 Patógenos mais freqüentemente isolados em Pneumonias nos EUA	25
Tabela 3.2 Tempos de sobrevivência de alguns micro-vetores no lixo	26
Tabela 3.3 Quantidade representativa de RSS em cinco municípios do Estado de São Paulo	49
Tabela 3.4 Quantidade de RSS e Resíduos Sólidos Domésticos em algumas cidades brasileiras	50
Tabela 3.5 Dados demográficos de Ribeirão Preto/SP em 2000	51
Tabela 3.6 Caracterização físico-química dos resíduos de serviço de saúde	53
Tabela 4.1 Caracterização do resíduo de serviço de saúde utilizado para os Experimentos	81
Tabela 5.1 Resultados experimentais obtidos para o número de microorganismos <i>E. coli</i> e do grau de inativação em função do tempo e da potência em relação às massas de 60, 80 e 100W/kg	84

Tabela 5.2 Resultados experimentais obtidos para o número de microorganismos *P. aeruginosa* e do grau de inativação função do tempo e da potência 87

Tabela 5.3 Resultados experimentais obtidos para o número de microorganismos *S. aureus* e do grau de inativação em função do tempo e da potência 90

Tabela 5.4 Resultados de simulação pelo modelo de primeira ordem para a previsão do tempo de inativação equivalente aos níveis de inativação 4.Log 10 e 6.Log 10 a 100°C 93

## LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1 Fontes de Resíduos nos hospitais e seus componentes	52
Quadro 3.2 Níveis de inativação microbiana de acordo com a <i>Environment Protection Agency – EPA, EUA</i>	57

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AIDS	Síndrome da Imunodeficiência Adquirida
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
Art.	Artigo
ATCC	<i>American Type Culture Collection</i>
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CNEN	Comissão Nacional de Energia Nuclear
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
C <sub>PA</sub>	Capacidade calorífica ou calor específico da água
C <sub>PV</sub>	Capacidade calorífica ou calor específico do vidro
$\Delta T$	Diferença de temperatura
DAERP	Departamento de Água e Esgoto de Ribeirão Preto
E	Erro
E <sub>a</sub>	Energia de ativação
EUA	Estados Unidos da América
g	Grama
°C	Grau Celsius
H <sub>2</sub> O	Água
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
k	Constante cinética de primeira ordem
k <sub>0</sub>	Fator pré exponencial (s <sup>-1</sup> )
kg	Quilograma

kJ	Quilojoule
km	Quilômetro
LTDA	Limitada
M	Massa
M <sub>A</sub>	Massa da amostra de água
MHz	Megahertz
mm	Milímetro
mL	Mililitro
NBR	Norma Brasileira Registrada
N	Número de microorganismos
N <sub>0</sub>	Número de microorganismos no instante inicial
N°	Número
OMS	Organização Mundial de Saúde
P	Potência
%	Porcentagem
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada
RSS	Resíduos de Serviços de Saúde
SP	São Paulo
t	Tonelada
U <sub>1</sub>	Umidade inicial
U <sub>2</sub>	Umidade final
W	Watt

## SUMÁRIO

**RESUMO**

**ABSTRACT**

**LISTA DE FIGURAS**

**LISTA DE TABELAS**

**LISTA DE QUADROS**

**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	20
<b>2 OBJETIVOS</b>	22
2.1 Objetivo Geral	22
2.2 Objetivos Específicos	22
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	23
3.1 Microorganismos	23
3.1.1 <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	26
3.1.2 <i>Staphylococcus aureus</i>	27
3.1.3 <i>Escherichia coli</i>	28
3.2 Microondas	28
3.2.1 Forno de Microondas	29
3.2.2 Ação das Microondas	29
3.3 Legislação	31
3.3.1 Federal	31
3.3.2 Instituto Nacional de Metrologia	34
3.3.3 Portarias	34
3.3.4 Associação Brasileira de Normas Técnicas	35
3.3.5 Estadual	36

3.3.6 Resoluções	37
3.3.7 Municipal	37
3.4 Resíduos de Serviços de Saúde	38
3.4.1 Conceito	38
3.4.2 Classificação dos RSS	39
3.4.3 Sistema de Classificação segundo a Organização Mundial de Saúde	48
3.4.4 Características dos RSS	49
3.4.5 Características Quantitativas do RSS	49
3.4.6 Características Qualitativas dos RSS	51
3.5 Risco ao Meio Ambiente e a Saúde Pública	54
3.6 Sistema de Tratamento	56
3.6.1 Incineração	57
3.6.2 Esterilização a Vapor	58
3.9.3 Desinfecção Química	59
3.6.4 Inativação Térmica	60
3.6.5 Radiação Ionizante	60
3.6.6 Inativação por Microondas	60
3.7 Disposição Final	62
3.7.1 Aterro Sanitário	63
3.7.2 Vala Séptica	64
<b>4 MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>65</b>
4.1 Fundamentos Teóricos	66
4.2 Equipamentos e Acessórios	69
4.3 Procedimentos Experimentais	70

4.3.1 Calibração do Forno de Microondas	71
4.3.2 Determinação da Umidade do RSS	72
4.3.3 Preparação do Microorganismo	73
4.3.4 Ensaio de Desinfecção	74
4.3.5 Validação por Recuperação dos Microorganismos por Imersão do RSS em Solução Salina 0,9%	74
4.3.6 Verificação da Temperatura	79
4.3.7 Processamento do Resíduo para o Experimento	79
4.3.8 Caracterização do RSS Utilizado	81
<b>5 RESULTADOS e DISCUSSÕES</b>	82
<b>6 CONCLUSÕES</b>	95
<b>7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	97

## 1 INTRODUÇÃO

Conforme a NBR n° 10004, da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT – Resíduos nos estados sólidos e semi-sólido, que resultam de atividades de origem hospitalar, industrial, doméstica, comercial, agrícola, de serviços, varrição e dos demais estabelecimentos prestadores de serviços de saúde, cabendo aos mesmos o gerenciamento de seus resíduos sólidos, desde a geração até a disposição final, de forma a atender aos requisitos ambientais e de saúde pública.

No último século, a degradação ambiental tem sido preocupação constante de pesquisadores em busca de soluções para o crescente problema da urbanização desenfreada. Os Resíduos de Serviços de Saúde (RSS) aparecem nesse cenário com relevante importância, seja para as administrações municipais ou para a comunidade científica.

A Resolução n°. 283 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA - de 12 de julho de 2001 define Resíduos de Serviços de Saúde (RSS) como aqueles provenientes de qualquer unidade que execute atividades de natureza médico-assistencial humana ou animal, os provenientes de centros de pesquisa, desenvolvimento ou experimentação na área de farmacologia e saúde, medicamentos e imunoterápicos vencidos ou deteriorados, aqueles provenientes de necrotérios, funerárias e serviços de medicina legal e aqueles provenientes de barreiras sanitárias.

Os resíduos de serviços de saúde contribuem para o aparecimento de vetores como insetos e roedores, podendo gerar perigo a saúde humana e ao meio ambiente quando não armazenados, tratados, transportados e devidamente realizado a sua disposição final.

A carência de dados científicos referentes aos RSS possibilitou a realização do trabalho voltado para a análise técnica da desinfecção dos RSS por aquecimento dielétrico

do tipo microondas em escala laboratorial, simulando as condições operacionais da unidade instalada no município de Ribeirão Preto no Estado de São Paulo.

Analisou-se a fração de inativação dos microorganismos *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* e *Escherichia coli* artificialmente inoculados nos RSS ao serem expostos às microondas em função do tempo de exposição e da potência em relação à massa em escala laboratorial.

Os RSS são classificados pela Resolução CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) 358/2005 em resíduos do grupo A, B, C, D e E, sendo o grupo A e E o foco do estudo devido ao potencial patogênico e sua composição heterogênea. A motivação do trabalho esta voltada para a desinfecção dos RSS após sua exposição às microondas, buscando assegurar a disposição final em aterro sanitário de forma consciente e segura para não comprometimento do meio ambiente e da saúde pública.

O Brasil possui atualmente 5.564 municípios IBGE (2000). No município estudado, a quantidade de RSS gerado é de 150 toneladas/mês, coletados em 1080 estabelecimentos de saúde como hospitais, casas de saúde, clínicas médico-odontológicas, laboratórios de análises clínicas, clínicas veterinárias, aeroporto e asilos. Ribeirão Preto é um centro regional de serviços médico-hospitalares (JORNAL A CIDADE, 2005).

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral

Analisar tecnicamente o processo de desinfecção dos resíduos de serviços de saúde processados por microondas nas condições operacionais da unidade instalada no município de Ribeirão Preto/SP.

### 2.2 Objetivos Específicos

Verificar a influência das condições operacionais na fração de inativação dos microorganismos na forma vegetativa em função das variáveis:

- Tipo de microorganismo (*Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* e *Escherichia coli*) presente nos RSS;
- Tempo de exposição no intervalo de 15, 25, 30, 35 e 40 minutos;
- Potência em relação à massa de resíduo no intervalo de 60, 80 e 100 W/kg.

Aplicar um modelo cinético de primeira ordem para obtenção dos parâmetros cinéticos da desinfecção com microondas.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A desinfecção é um processo de destruição, remoção ou redução do número de microorganismos presentes num material inanimado (TRABULSI *et al*, 1986). A desinfecção não implica na destruição de todos os microorganismos viáveis, porém elimina a potencialidade infecciosa do objeto, superfície ou local de trabalho (TRABULSI *et al*, 1999; 2004; BRASIL, 2000).

A esterilização é definida como um processo de destruição, por meio de agentes químicos ou físicos, de todas as formas de vida presente num material, inclusive as formas esporuladas (TRABULSI *et al*, 2004). Uma das técnicas de esterilização é a exposição ao calor úmido, em que o vapor de água é mantido em temperatura acima de 100°C. É importante destacar que o vapor d'água deve entrar em contato com o material e estar presente em toda a superfície a ser esterilizada.

#### 3.1 Microorganismos

A patogenicidade é característica inerente aos RSS por apresentar em sua composição, agentes infectantes, como os microorganismos ou toxinas por eles produzidas que possa afetar a saúde humana seja pela contaminação do ar, água ou solo onde é depositado após tratamento para disposição final.

Segundo Machado Jr. *et al* (1978), foi diagnosticada uma série de microorganismos presente na massa dos resíduos e concluiu-se que os RSS apresentavam um potencial de risco. Foram identificados *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* e coliformes, entre outros.

Segundo Schneider *et al* (2004), estudos citados por Takayanagui (1993) revelaram patógenos em condições de viabilidade por até 21 semanas durante o processo de decomposição de material orgânico, incluindo os RSS. Durante esses estudos, foi verificado o desenvolvimento de bactérias mesófilas (65.450.000 unidades em 1 kg de resíduos), esporuladas (2.211.000 unidades em 1 kg de resíduos), termófilas (8.427.000 unidades em 1 kg de resíduos), fungos (500.000 unidades em 1 kg de resíduos) e helmintos (428 ovos em 1 kg de resíduos).

Segundo Brasil (2002), a ordem decrescente de resistência microbiana é descrita na Figura 3.1.

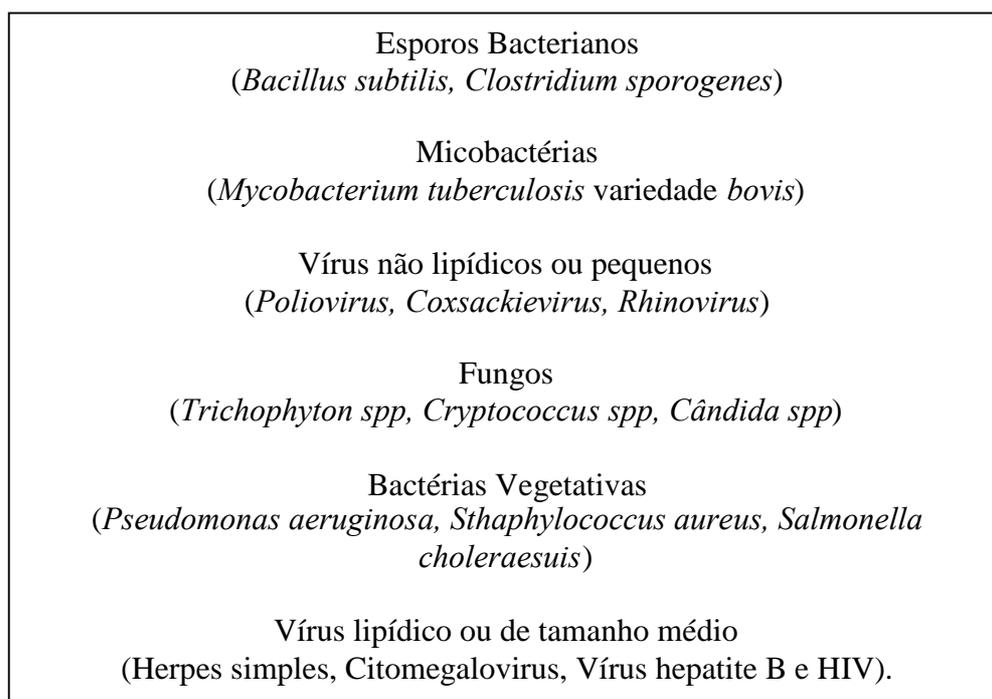


Figura 3.1 Ordem crescente de Resistência Microbiana  
Fonte: Brasil (2002)

Várias são as propriedades físicas que agem sobre os microrganismos. Entre elas, destacam-se a temperatura, a pressão osmótica e as intensidades de radiação, por serem os agentes físicos mais usados pelo homem no controle de população microbiana. A taxa de crescimento dos microrganismos sofre influência de temperatura. Assim, são chamados

psicrófilos aqueles que podem crescer em temperaturas em torno de 0°C, os mesófilos são os que apresentam crescimento ótimo entre 25 e 40°C aproximadamente e os termófilos são aqueles que o crescimento ótimo se situa entre 45 e 60°C.

De acordo com pesquisa realizada em 4.389 pneumonias registradas em UTI nos Estados Unidos no período de 1992 – 1997 (Tabela 3.1), os agentes mais frequentemente isolados foram: Bacilos Gram negativos; Bacilos Gram negativos não fermentadores da glicose e Cocos Gram positivos.

Tabela 3.1 Patógenos mais Frequentemente Isolados em Pneumonias nos EUA

<b>Patógenos</b>	<b>%</b>
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	21
<i>Staphylococcus aureus</i>	20
<i>Enterobacter spp</i>	9
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	8
<i>Acinetobacter spp</i>	6
<i>Cândida albicans</i>	5
<i>Escherichia coli</i>	4
<i>Enterococcus spp</i>	2
Outras enterobactérias	8
Outros fungos	2,8

Fonte: Brasil (2000c)

Apesar disso, Eigenheer (2002) entende que “apesar da falta de evidência científica quanto à periculosidade dos RSS, normas e leis municipais que obrigam de forma inconseqüente, o seu tratamento especial continua a ser disseminadas”. Afirma ainda que “vem desde a segunda metade da década de 1980 a luta contra a caracterização dos RSS como perigosos por transmitirem doenças infecciosas e parasitárias”.

No entanto, a Tabela 3.2 mostra o tempo de sobrevivência de alguns micro-vetores nos resíduos sólidos domiciliares.

Tabela 3.2. Tempo de sobrevivência de alguns micro-vetores nos resíduos sólidos domiciliares.

organismo	Tempo de vida (dias)
<i>Salmonella typhi</i>	29 a 70
<i>Entamoeba histolytica</i>	8 a 12
<i>Ascaris lumbricoides</i>	2000 a 2.500
<i>Leptospira interrogans</i>	15 a 43
Pólio vírus	20 a 170
Bacilo tuberculose	150 a 180
Larvas e vermes	25 a 40

Fonte – LIMA (1995 apud SUBERKROPP e KLUG, 1974)

### 3.1.1 *Pseudomonas aeruginosa*

A espécie *Pseudomonas aeruginosa* compreende mais de 100 tipos; são anaeróbios estritos, não fermentadoras de açúcar, pertencente à família Pseudomonaceae, Gram negativos, de fácil identificação e visualização, por serem bastonetes curtos, importantes na indústria de alimentos por terem intensa atividade metabólica. São os causadores da deterioração, pois degradam proteínas, carboidratos gorduras e substratos afins. Conhecido como microorganismo oportunista, é causador de malefícios ao homem somente quando este se encontra debilitados seja por processo cirúrgico, queimaduras, internações prolongadas, ou algum motivo que ocasione baixa resistência imunológica, podendo causar bacteremias severas e morte em indivíduos independente de sua faixa etária. Embora seja um microorganismo oportunista, quando em condições favoráveis podem causar infecções urinárias, endocardites, pneumonias, meningites, e diversos outros tipos de infecção (TRABULSI *et al*, 2004; FRANCO & LANDGRAF, 1996, DOYLE *et al*, 2001).

É normalmente encontrado em baixa frequência nas fezes, garganta e pele de pessoas saudáveis. Em indivíduos debilitados (imunodeprimidos, submetidos à cirurgia), esse microorganismo geralmente inócuo pode causar graves infecções, aumentando assim o

risco de contaminação do ambiente hospitalar e dificultando cada vez mais sua erradicação neste ambiente.

A epidemiologia reflete sua predileção por um meio ambiente úmido, crescendo facilmente em solos, água, plantas e animais. A colonização humana ocorre em sítios úmidos como períneo, axilas, ouvidos. A umidade também é um fator crítico em reservatórios hospitalares de *P. aeruginosa*, são altamente resistentes à variação de temperatura (BRITO, *et al* 2000, ANDRADE, *et al* 2002, MARTINS, *et al* 2004).

### **3.1.2 *Staphylococcus aureus***

A espécie *Staphylococcus aureus* é um dos microorganismos mais importantes na infecção hospitalar, é a mais virulenta espécie do seu género, sendo facilmente difundida por partículas de poeira. Sua presença nos resíduos de saúde é particularmente significativa. É também a bactéria causadora de condições supurativas, furúnculo, carbúnculo, impetigo infantil e abscessos internos em adultos e crianças. Pelo menos trinta espécies já foram descritas na literatura mundial, sendo onze destas espécies isoladas do homem como comensais, estando o *Staphylococcus aureus* localizado nas narinas, com frequência são causadores de infecções relacionadas a cateteres, dispositivos cardíacos e válvulas cardíacas artificiais. Sua virulência se explica pela quantidade de proteínas de superfície e proteínas extracelulares presentes em sua constituição, são classificados como coagulase positiva por sua habilidade em coagular o plasma (SILVA, 1999, TRABULSI *et al*, 1999, PELCZAR JR. e JOSEPH, 1999).

É uma das espécies patogénicas mais comum, juntamente com a *Escherichia coli*.

### 3.1.3 *Escherichia coli*

O gênero *Escherichia* compreende as espécies *Escherichia blattae*, *Escherichia fergussoni*, *Escherichia hermannii* e *Escherichia vulneris*, sendo a *Escherichia coli* a espécie mais preocupante em razão de sua presença no intestino humano em grande escala, causando infecções intestinais em adultos debilitados ou em crianças com potencial de desnutrição considerável. São também responsáveis por infecção extra intestinal como as infecções do trato urinário, meningites em recém-nascidos e bacteremias (TRABULSI *et al*, 1999).

Segundo Silva (1999), todos os membros dos gêneros pertencentes à família Enterobacteriaceae têm merecido uma atenção especial por estarem entre os patógenos oxidase negativa fermentadoras de glicose e redutores do nitrato em nitrito. São bastonetes Gram negativos, flagelados, móveis, membros da flora intestinal normal dos homens e animais. Podem ser isolados de uma ampla variedade de locais do meio ambiente. São responsáveis pelos maiores problemas de saúde em todo o mundo.

## 3.2 Microondas

Microondas são ondas eletromagnéticas de alta frequência com comprimento entre 3 e 300mm. O magnéton gera a onda eletromagnética com frequência de 2450 MHz, mediante o processo de ressonância, a onda é absorvida pelas partículas de água existente nos RSS a ser tratado, a energia absorvida aumenta a vibração das partículas de água produzindo energia em forma de calor.

As microondas têm alta capacidade de penetração na presença de água. A diferença de polaridade da água torna variável a direção do campo elétrico e a fricção entre as moléculas é a responsável pela produção de calor.

### **3.2.1 Forno de Microondas**

Segundo Monteiro (2001), o forno de microondas é uma invenção do século passado, criado a partir de uma tecnologia que utilizava as microondas em radares durante a Segunda Guerra Mundial, com a finalidade de detectar tropas inimigas invasoras dadas a sua característica de refletir em superfícies metálicas. Pertence ao cotidiano atual, ao uso doméstico, dada a sua característica básica de efeito térmico (calor). Em 1947, chegou ao mercado norte americano o primeiro forno de microondas, com custo aproximado de 5000 dólares e pouca aceitação por consumidores domésticos, sendo mais tarde, após diversas melhorias, aceito pelo setor industrial para secar cortiça, cerâmica, papel, couro, tabaco, têxteis e flores; retornando ao consumo doméstico em 1975 quando se tornou o utensílio mais comum nos lares norte americano 60% ou cerca de 52 milhões de residências.

### **3.2.2 Ação das Microondas**

Segundo Monteiro (2001), microondas são um tipo de energia radiante que faz parte de um espectro eletromagnético, classificado como radiação não ionizante com efeitos estritamente térmicos, não alterando a estrutura molecular do que está sendo irradiado.

As microondas são utilizadas conforme a necessidade requerida, indo desde as atividades domésticas rotineiras, como cozimento acelerado, até a esterilização de materiais seja em laboratórios (vidrarias) ou para desinfecção dos resíduos de serviços de saúde. O aquecimento por microondas envolve conceitos como: temperatura, capacidade calorífica, ligação química, estrutura molecular, momento dipolo, polarização dielétrica etc. (BARBOZA *et al*, 2001).

O coração do forno de microondas é uma válvula chamada magnetron, que converte a energia elétrica em microondas, que são emitidas em uma frequência vibratória alta (2450 MHz) que atinge a superfície do material a ser desinfetado, penetrando em seu interior, que devido ao atrito entre as moléculas, gera o calor que se propaga por condução entre os materiais, alcança temperaturas variáveis entre 95°C a 105°C e ocasiona a destruição dos microrganismos presentes nos RSS. A presença de água é indispensável para que haja aquecimento por microondas devido à interação das ondas eletromagnéticas com o dipolo elétrico da molécula (BARBOZA *et al*. 2001, MOORE, 1976).

Segundo Prado (2003), “recentes avanços nas sínteses orgânicas catalisadas por sólidos ácidos e básicos com a irradiação microondas permitem que muitas reações sejam feitas na ausência de quaisquer solventes orgânicos. O princípio destas reações é a irradiação microondas sobre os reagentes em conjunto com catalisadores sólidos”.

Um aparelho de microondas típico, usado no aquecimento de amostras para as diversas aplicações, consiste de seis componentes básicos: o gerador de microondas (magnetron), o guia de ondas, a cavidade da microonda, o agitador (para espalhar as ondas), um circulador e um exaustor de ar. As microondas são produzidas pelo magnetron, propagadas através do guia de ondas, e inseridas diretamente dentro da cavidade do forno onde o espalhador as distribui em diversas direções sendo, então, absorvidas pelas moléculas em exposição (PEREIRA FILHO, 1999).

### 3.3 Legislação

A preocupação federal, estadual e municipal com os RSS gerados em todo o território nacional aos estabelecimentos de saúde foi expressa através de portarias, decretos e normas agrupadas conforme citação abaixo.

#### 3.3.1 Federal

**Decreto nº 76973 de 31/12/1975** - dispõe sobre normas e padrões para prédios destinados a serviços de saúde; normatiza a construção das instalações para o destino final adequado dos dejetos; orienta o serviço de limpeza e transporte do resíduo séptico e não séptico; define *resíduo séptico* como sendo todos os restos de produtos oficiais utilizados no tratamento, fragmentos de tecidos e outros (Unidades do Centro Cirúrgico, Centro Obstétrico, Serviços Laboratoriais), além dos resíduos provenientes de todas as unidades destinadas à internação; e determina que estes resíduos deveriam ser sempre incinerados;

**Decreto nº 8468/1976**, que regulamenta a Lei nº 997/76 de 08/09/76, quanto à atividade de incineração do resíduo determinando padrões de operação e controle de emissões de incineradores de resíduos sépticos hospitalares e cirúrgicos;

**Portaria nº 231 de 27/04/1976, do Ministério do Interior** - estabelecem padrões de qualidade do ar, visando o controle de fontes de emissão de gases poluentes, dentre eles incluídos os incineradores.

**Portaria nº 400 de 06/12/1977, do Ministério da Saúde** - estabelece normas e padrões sobre construção e instalação de serviços de saúde, entre estas apresenta

orientações a respeito do manuseio dos resíduos e mantém a determinação de que o resíduo de natureza *séptica* deveria ser sempre tratado por incineração.

**Portaria nº 53 de 01/03/1979, do Ministério do Interior** - dispõe sobre tratamento e disposição de resíduos sólidos no território nacional, tornando obrigatórios a incineração de todos os resíduos sólidos portadores de agentes patogênicos dos estabelecimentos hospitalares e congêneres, bem como os provenientes de portos, aeroportos, e terminais ferroviários e rodoviários.

Todos esses procedimentos decorrem de dois princípios básicos em direito ambiental: o princípio da precaução e do poluidor pagador (Constituição Brasileira, art. 225).

**Minuta de Resolução nº 1 de 25/04/1991, do CONAMA** - apresenta drástica crítica e restrição ao processo de incineração e cria uma câmara técnica especial para analisar, emitir parecer e encaminhar ao Plenário do CONAMA, em regime de urgência a proposta de alteração da Portaria 053/79 - MINTER, no que se refere à questão dos resíduos de qualquer natureza gerados no país.

**Resolução nº 6 de 19/09/1991 do CONAMA** - desobrigam a incineração ou qualquer outro tratamento de queima dos resíduos sólidos provenientes dos estabelecimentos de saúde, portos e aeroportos; determinando que nos estados e municípios que optarem por não incinerar estes resíduos, os órgãos estaduais de meio ambiente estabelecerão normas para tratamento especial como condição para licenciar a coleta, o transporte, o acondicionamento e a disposição final.

- **Resolução nº 5 de 31/08/93 do CONAMA** - revoga a Portaria 053/79, apresenta definições para resíduos sólidos, plano de gerenciamento, sistema de tratamento e disposição final; define que a responsabilidade pelo gerenciamento dos resíduos de

serviços de saúde é do gerador; determina a necessidade da apresentação de um plano de gerenciamento dos resíduos dos serviços de saúde aos órgãos de meio ambiente e saúde; orienta a adoção de princípios da reciclagem; apresenta classificação para os resíduos dos serviços de saúde; determina que os resíduos infectantes não possam ser dispostos no meio ambiente sem tratamento prévio que assegure a eliminação das características de periculosidade do resíduo; a preservação dos recursos naturais; o atendimento aos padrões de qualidade ambiental e de saúde pública; recomendando a esterilização a vapor ou a incineração.

**A Resolução do CONAMA nº 283 de 12 de julho de 2001** dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde, aprimora, atualiza e complementa os procedimentos contidos na Resolução CONAMA nº 05, de 5 de agosto de 1993, e classificando os resíduos dos serviços de saúde. A classificação proposta por esta resolução foi revogada pela Resolução CONAMA nº 358, de 29 de abril de 2005.

**A Resolução do CONAMA nº 358, de 29 de abril de 2005**, dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos RSS e dão outras providencias. Atualiza, aprimora e complementa os procedimentos contidos na resolução 283, de 12 de julho de 2001, considerando ações preventivas entendidas como menos onerosas entre os órgãos federais, estaduais e municipais de meio ambiente, de saúde e de limpeza urbana, com objetivo de regulamentar o gerenciamento dos resíduos dos serviços de saúde resolve em seu artigo 1º que esta resolução se aplica a 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 (tanatopraxia e somatoconversão); serviços de medicina legal; drogarias e farmácias inclusive as de manipulação, estabelecimentos de

ensino e pesquisa na área de saúde, centros de controle de zoonoses; distribuidores de produtos farmacêuticos; importadores, distribuidores e produtores de materiais e controles para diagnósticos in vitro; unidades móveis de atendimento à saúde; serviços de acupuntura; serviços de tatuagem, entre outros similares.

Parágrafo único. Esta resolução não se aplica às fontes radioativas seladas, que devem seguir as determinações da Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN, e as indústrias de produtos para a saúde, que devem observar as condições específicas do seu licenciamento ambiental. No artigo 10 da referida resolução, traz que os sistemas de tratamento e disposição final de resíduos de serviços de saúde devem estar licenciados pelo órgão ambiental competente para fins de funcionamento e submetidos a monitoramento de acordo com parâmetros e periodicidade definidos no licenciamento ambiental.

Parágrafo único – São permitidas soluções consorciadas para os fins previstos neste artigo.

### **3.3.2 Instituto Nacional de Metrologia**

**RQT – 05 – INMETRO** – veículo destinado ao transporte rodoviário de produtos perigosos a granel – inspeção periódica de veículos.

### **3.3.3 Portarias**

PORTARIA MINTER nº 53 de 01/03/1979 – Estabelece normas aos projetos específicos de tratamento e disposição de resíduos sólidos.

PORTARIA MINTER nº 204 DE 20/05/1997 – aprova instruções complementares aos regulamentos dos transportes rodoviários e ferroviários de produtos perigosos.

### **3.3.4 Associação Brasileira de Normas Técnicas**

NBR – 7.500 – Determina os símbolos de risco e manuseio para o transporte e armazenamento de materiais.

-NBR – 7.501 – Define e determina o transporte de resíduos direcionando as terminologias.

-NBR – 7.503 – Define as fichas de emergência para transporte de produtos perigosos – características e dimensões.

-NBR – 7.504 – Define envelope para transporte de produtos perigosos – características e dimensões.

-NBR – 8.285 – Determina o preenchimento da ficha de emergência para o transporte de produtos perigosos.

-NBR – 8.286 – Define emprego da sinalização nas unidades de transporte e de rótulos nas embalagens de produtos perigosos.

-NBR – 9.191 – Define sacos plásticos para acondicionamento de resíduos – classificação.

-NBR – 9.734 – Conjunto de equipamento de proteção individual para avaliação de emergência e fuga no transporte rodoviário de produtos perigosos.

-NBR – 9.735 – Conjunto de equipamentos para emergência no transporte de produtos perigosos.

- NBR – 10004 – Resíduos sólidos – classificação.
- NBR – 10005 – Procedimentos para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos.
- NBR – 10006 – Procedimentos para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos.
- NBR – 10007 – Amostragem de resíduos sólidos.
- NBR – 12710 – Proteção contra incêndio por extintores no transporte rodoviários de produtos perigosos.
- NBR – 12.807 – Resíduos de serviços de saúde – terminologia.
- NBR – 12.808 – Resíduos de serviços de saúde – Classificação
- NBR – 12.809 - Resíduos de serviços de saúde – manuseio.
- NBR – 12.810 - Resíduos de serviços de saúde – procedimentos na coleta.
- NBR – 13.095 – Instalação e fixação de extintores de incêndio para carga, no transporte rodoviário de produtos perigosos.
- NBR – 13.853 – Coletores para resíduos de serviços de saúde – perfurantes e cortantes – requisitos e métodos de ensaio.

### **3.3.5 Estadual**

**LEI nº 1561 – A, de 29/12/1951** – sobre o código de Normas Sanitárias no Estado de São Paulo, que no título V, artigo 339 a 343, dispunha sobre normas de apresentação do lixo à coleta pública e sobre a própria coleta, transporte e destino final (TAKAYANAGUI. 1993 *apud* SCHALCH *et al* 2002).

**LEI nº 898 DE 18/12/1975** – Em seu artigo 11, XII foi feita restrições a serem estabelecidas em lei sobre as condições de coleta, transporte e destinação final de esgotos e resíduos sólidos nas áreas de proteção de mananciais, cursos e reservatórios de água e demais recursos hídricos de interesse na região metropolitana de São Paulo (SCALCH *et al* 2002).

### **3.3.6 Resoluções**

**RESOLUÇÃO SS – 169 DE 19 DE JUNHO DE 1996** – Aprova Norma Técnica que disciplina as exigências para o funcionamento dos estabelecimentos que realizam procedimentos médicos cirúrgicos ambulatoriais, no âmbito do Estado de São Paulo.

**RESOLUÇÃO CONJUNTA SS/SMA/SJDC – 1, DE 29 DE JUNHO DE 1998**  
– Aprova as Diretrizes Básicas e Regulamento Técnico para apresentação e aprovação do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos de Serviços de Saúde.

**RESOLUÇÃO - SMA - 31, de 22 DE JULHO DE 2003** - Dispõe sobre procedimentos para o gerenciamento e licenciamento ambiental de sistemas de tratamento e disposição final de resíduos de serviços de saúde humana e animal no Estado de São Paulo.

### **3.3.7 Municipal**

**LEI MUNICIPAL 847/99 de Ribeirão Preto, São Paulo** – Regulamentada pelo decreto 405/99, dispõe sobre a coleta, o transporte, o tratamento e a destinação final dos Resíduos de Serviços de Saúde.

### **3.4 Resíduos de Serviços de Saúde**

#### **3.4.1 Conceito**

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), na Norma Técnica NBR 10004 (2004), classificou e normatizou os resíduos sólidos gerados em residências, indústrias e estabelecimentos de saúde entre outros. Para efeito desta norma, os resíduos podem ser definidos como: “Resíduos nos estados sólidos e semi-sólidos, que resultam de atividades da comunidade de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos neste conceito os lodos provenientes de sistema de tratamento de água, aqueles gerados em equipamento e instalação de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face de melhor tecnologia disponível”.

Tendo-se em vista que pela sua própria natureza, o tratamento dos resíduos sólidos, resultará em rejeitos para disposição final no solo e, portanto, seja qual for o processo adotado, deverão ser dispostos em aterro sanitário ou industrial. Este aterro deverá ser adequadamente projetado, operado e monitorado tanto para disposição das cinzas ou escória provenientes de incineração, como para a carga esterilizada em autoclaves ou para os rejeitos produzidos por outra tecnologia.

### 3.4.2 Classificação dos RSS

O CONAMA nº 05 de 05 de agosto de 1993, classifica os RSS como resíduos do grupo A que apresenta risco potencial à saúde e ao meio ambiente devido à presença de agentes biológicos;

A1 - Resíduos biológicos (Meios de cultura, filtro de gases aspirados de água contaminada, vacinas, etc.);

A2 - Sangue e hemoderivados (bolsas de sangue, amostras de sangue, plasma, soro, etc.);

A3 - Cirúrgico, anatomopatológico e exudado (Tecidos, órgãos e peças anatômicas, sangue e outros líquidos orgânicos, etc.);

A4 - Objetos perfurantes e cortantes;

A5-Animal contaminado (Animais usados em experimentação, bem como materiais que tenham entrado em contato com os mesmos, etc.);

A6 - Assistência ao paciente (Excreções, secreções e líquidos orgânicos, inclusive restos de refeição de pacientes em isolamento para tratamento, etc.);

Os resíduos do grupo B conferem riscos potenciais à saúde e ao meio ambiente devido as suas características químicas.

- Drogas quimioterápicas e produtos contaminados;
- Resíduos farmacêuticos;
- Demais produtos considerados perigosos, conforme a classificação da NBR 10004 (tóxicos, corrosivos, inflamáveis e reativos).

Os resíduos do grupo C são rejeitos radioativos como materiais radioativos ou contaminados com radionuclídeos, provenientes de laboratório de análises clínicas, serviços de medicina nuclear e radioterapia.

Os resíduos do grupo D são resíduos comuns, considerando todos os demais que não se enquadram nos grupos descritos anteriormente.

A Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 306 de 7 de dezembro de 2004, atualmente em vigor dispõe sobre o regulamento técnico para o gerenciamento dos RSS, classifica os em: GRUPO A

Resíduos com a possível presença de agentes biológicos que, por suas características, podem apresentar risco de infecção.

#### A1

- Culturas e estoques de microrganismos; resíduos de fabricação de produtos biológicos, exceto os hemoderivados; descarte de vacinas de microrganismos vivos ou atenuados; meios de cultura e instrumentais utilizados para transferência, inoculação ou mistura de culturas; resíduos de laboratórios de manipulação genética.

- Resíduos resultantes da atenção à saúde de indivíduos ou animais, com suspeita ou certeza de contaminação biológica por agentes classe de risco 4, microrganismos com relevância epidemiológica e risco de disseminação ou causador de doença emergente que se torne epidemiologicamente importante ou cujo mecanismo de transmissão seja desconhecido.

- Bolsas transfusionais contendo sangue ou hemocomponentes rejeitadas por contaminação ou por má conservação, ou com prazo de validade vencido, e aquelas oriundas de coleta incompleta.

- Sobras de amostras de laboratório contendo sangue ou líquidos corpóreos, recipientes e materiais resultantes do processo de assistência à saúde, contendo sangue ou líquidos corpóreos na forma livre.

#### A2

- Carcaças, peças anatômicas, vísceras e outros resíduos provenientes de animais submetidos a processos de experimentação com inoculação de microorganismos, bem como suas forrações, e os cadáveres de animais suspeitos de serem portadores de microorganismos de relevância epidemiológica e com risco de disseminação, que foram submetidos ou não a estudo anátomo-patológico ou confirmação diagnóstica.

#### A3

- Peças anatômicas (membros) do ser humano; produto de fecundação sem sinais vitais, com peso menor que 500 gramas ou estatura menor que 25 centímetros ou idade gestacional menor que 20 semanas, que não tenham valor científico ou legal e não tenha havido requisição pelo pacientes ou familiares.

#### A4

- Kits de linhas arteriais, endovenosas e dialisadores, quando descartados.

- Filtros de ar e gases aspirados de área contaminada; membrana filtrante de equipamento médico-hospitalar e de pesquisa, entre outros similares.

- Sobras de amostras de laboratório e seus recipientes contendo fezes, urina e secreções, provenientes de pacientes que não contenham e nem sejam suspeitos de conter agentes Classe de Risco 4, e nem apresentem relevância epidemiológica e risco de disseminação, ou microrganismo causador de doença emergente que se torne epidemiologicamente importante ou cujo mecanismo de transmissão seja desconhecido ou com suspeita de contaminação com príons.

- Resíduos de tecido adiposo proveniente de lipoaspiração, lipoescultura ou outro procedimento de cirurgia plástica que gere este tipo de resíduo.

- Recipientes e materiais resultantes do processo de assistência à saúde, que não contenha sangue ou líquidos corpóreos na forma livre.

- Peças anatômicas (órgãos e tecidos) e outros resíduos provenientes de procedimentos cirúrgicos ou de estudos anátomo-patológicos ou de confirmação diagnóstica.
- Carcaças, peças anatômicas, vísceras e outros resíduos provenientes de animais não submetidos a processos de experimentação com inoculação de microorganismos, bem como suas forrações.
- Bolsas transfusionais vazia ou com volume residual pós-transfusão.

#### A5

- Órgãos, tecidos, fluidos orgânicos, materiais perfurocortantes ou escarificantes e demais materiais resultantes da atenção à saúde de indivíduos ou animais, com suspeita ou certeza de contaminação com príons.

#### GRUPO B

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

- Produtos hormonais e produtos antimicrobianos; citostáticos; antineoplásicos; imunossupressores; digitálicos; imunomoduladores; anti-retrovirais, quando descartados por serviços de saúde, farmácias, drogarias e distribuidores de medicamentos ou apreendidos e os resíduos e insumos farmacêuticos dos Medicamentos controlados pela Portaria MS 344/98 e suas atualizações.
- Resíduos de saneantes, desinfetantes, desinfestantes; resíduos contendo metais pesados; reagentes para laboratório, inclusive os recipientes contaminados por estes.
- Efluentes de processadores de imagem (reveladores e fixadores).
- Efluentes dos equipamentos automatizados utilizados em análises clínicas
- Demais produtos considerados perigosos, conforme classificação da NBR 10.004 da ABNT (tóxicos, corrosivos, inflamáveis e reativos).

## GRUPO C

Quaisquer materiais resultantes de atividades humanas que contenham radionuclídeos em quantidades superiores aos limites de isenção especificados nas normas do CNEN e para os quais a reutilização é imprópria ou não prevista.

- Enquadram-se neste grupo os rejeitos radioativos ou contaminados com radionuclídeos, proveniente de laboratórios de análises clínicas, serviços de medicina nuclear e radioterapia, segundo a resolução CNEN-6.05.

## GRUPO D

Resíduos que não apresentem risco biológico, químico ou radiológico à saúde ou ao meio ambiente, podendo ser equiparados aos resíduos domiciliares.

- papel de uso sanitário e fralda, absorventes higiênicos, peças descartáveis de vestuário, resto alimentar de paciente, material utilizado em anti-sepsia e hemostasia de venóclises, equipo de soro e outros similares não classificados como A1;

- sobras de alimentos e do preparo de alimentos;

- resto alimentar de refeitório;

- resíduos provenientes das áreas administrativas;

- resíduos de varrição, flores, podas e jardins,

- resíduos de gesso provenientes de assistência à saúde.

## GRUPO E

Materiais perfurocortantes ou escarificantes, tais como: Lâminas de barbear, agulhas, escalpes, ampolas de vidro, brocas, limas endodônticas, pontas diamantadas, lâminas de bisturi, lancetas; tubos capilares; micropipetas; lâminas e lamínulas; espátulas; e todos os utensílios de vidro quebrados no laboratório (pipetas, tubos de coleta sanguínea e placas de Petri) e outros similares.

A resolução CONAMA 358 de 29 de abril de 2005 classifica os RSS do grupo A, com a possível presença de agentes biológicos que, por suas características de maior virulência ou concentração, podem apresentar risco de infecção.

a) A1

1. culturas e estoques de microrganismos; resíduos de fabricação de produtos biológicos, exceto os hemoderivados; descarte de vacinas de microrganismos vivos ou atenuados; meios de cultura e instrumentais utilizados para transferência, inoculação ou mistura de culturas; resíduos de laboratórios de manipulação genética;

2. resíduos resultantes da atenção à saúde de indivíduos ou animais, com suspeita ou certeza de contaminação biológica por agentes classe de risco 4, microrganismos com relevância epidemiológica e risco de disseminação ou causador de doença emergente que se torne epidemiologicamente importante ou cujo mecanismo de transmissão seja desconhecido;

3. bolsas transfusionais contendo sangue ou hemocomponentes rejeitadas por contaminação ou por má conservação, ou com prazo de validade vencido, e aquelas oriundas de coleta incompleta;

4. sobras de amostras de laboratório contendo sangue ou líquidos corpóreos, recipientes e materiais resultantes do processo de assistência à saúde, contendo sangue ou líquidos corpóreos na forma livre;

b) A2

1. carcaças, peças anatômicas, vísceras e outros resíduos provenientes de animais submetidos a processos de experimentação com inoculação de microrganismos, bem como suas forrações, e os cadáveres de animais suspeitos de serem portadores de microrganismos de relevância epidemiológica e com risco de disseminação, que foram submetidos ou não a estudo anátomopatológico ou confirmação diagnóstica;

## c) A3

1. peças anatômicas (membros) do ser humano; produto de fecundação sem sinais vitais, com peso menor que 500 gramas ou estatura menor que 25 centímetros ou idade gestacional menor que 20 semanas, que não tenham valor científico ou legal e não tenha havido requisição pelo paciente ou familiar;

## d) A4

1. kits de linhas arteriais, endovenosas e deslizadores, quando descartados;
2. filtros de ar e gases aspirados de área contaminada; membrana filtrante de equipamento médico-hospitalar e de pesquisa, entre outros similares;
3. sobras de amostras de laboratório e seus recipientes contendo fezes, urina e secreções, provenientes de pacientes que não contenham e nem sejam suspeitos de conter agentes Classe de Risco 4, e nem apresentem relevância epidemiológica e risco de disseminação, ou microrganismo causador de doença emergente que se torne epidemiologicamente importante ou cujo mecanismo de transmissão seja desconhecido ou com suspeita de contaminação com príons.
4. resíduos de tecido adiposo proveniente de lipoaspiração, lipoescultura ou outro procedimento de cirurgia plástica que gere este tipo de resíduo;
5. recipientes e materiais resultantes do processo de assistência à saúde, que não contenha sangue ou líquidos corpóreos na forma livre;
6. peças anatômicas (órgãos e tecidos) e outros resíduos provenientes de procedimentos cirúrgicos ou de estudos anátomopatológicos ou de confirmação diagnóstica;
7. carcaças, peças anatômicas, vísceras e outros resíduos provenientes de animais não submetidos a processos de experimentação com inoculação de microorganismos, bem como suas forrações; e
8. bolsas transfusionais vazias ou com volumes residuais pós-transfusão.

e) A5

1. órgãos, tecidos, fluidos orgânicos, materiais perfuro cortantes ou escarificantes e demais materiais resultantes da atenção à saúde de indivíduos ou animais, com suspeita ou certeza de contaminação com príons.

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

a) produtos hormonais e produtos antimicrobianos; citostáticos; antineoplásicos; imunossupressores; digitálicos; imunomoduladores; anti-retrovirais, quando descartados por serviços de saúde, farmácias, drogarias e distribuidores de medicamentos ou apreendidos e os resíduos e insumos farmacêuticos dos medicamentos controlados pela Portaria MS 344/98 e suas atualizações;

b) resíduos de saneantes, desinfetantes; resíduos contendo metais pesados; reagentes para laboratório, inclusive os recipientes contaminados por estes;

c) efluentes de processadores de imagem (reveladores e fixadores);

d) efluentes dos equipamentos automatizados utilizados em análises clínicas; e

e) demais produtos considerados perigosos, conforme classificação da NBR 10.004 da ABNT (tóxicos, corrosivos, patogênicos, inflamáveis e reativos).

III - 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 e para os quais a reutilização é imprópria ou não prevista.

a) enquadram-se neste grupo quaisquer materiais resultantes de laboratórios de pesquisa e ensino na área de saúde, laboratórios de análises clínicas e serviços de medicina nuclear e

radioterapia que contenham radionuclídeos em quantidade superior aos limites de eliminação.

IV - GRUPO D: Resíduos que não apresentem riscos biológicos, químicos ou radiológicos à saúde ou ao meio ambiente, podendo ser equiparados aos resíduos domiciliares.

a) papel de uso sanitário e fralda, absorventes higiênicos, peças descartáveis de vestuário, resto alimentar de paciente, material utilizado em anti-sepsia e hemostasia de venóclises, equipo de soro e outros similares não classificados como A1;

b) sobras de alimentos e do preparo de alimentos;

c) resto alimentar de refeitório;

d) resíduos provenientes das áreas administrativas;

e) resíduos de varrição, flores, podas e jardins; e

f) resíduos de gesso provenientes de assistência à saúde.

V - GRUPO E: Materiais perfuro cortantes ou escarificantes, tais como: lâminas de barbear, agulhas, escalpes, ampolas de vidro, brocas, limas endodônticas, pontas diamantadas, lâminas de bisturi, lancetas; tubos capilares; micropipetas; lâminas e lamínulas; espátulas; e todos os utensílios de vidro quebrados no laboratório (pipetas, tubos de coleta sanguínea e placas de Petri) e outros similares.

Esta mesma resolução elabora critérios mínimos para a disposição final de RSS que são:

I - Quanto à seleção de área:

a) não possuir restrições quanto ao zoneamento ambiental (afastamento de Unidades de Conservação ou áreas correlatas);

b) respeitar as distâncias mínimas estabelecidas pelos órgãos ambientais competentes de ecossistemas frágeis, recursos hídricos superficiais e subterrâneos;

II - Quanto à segurança e sinalização:

- a) sistema de controle de acesso de veículos, pessoas não autorizadas e animais, sob vigilância contínua; e
- b) sinalização de advertência com informes educativos quanto aos perigos envolvidos.

### III - Quanto aos aspectos técnicos

- a) sistemas de drenagem de águas pluviais;
- b) coleta e disposição adequada dos percolados;
- c) coleta de gases;
- d) impermeabilização da base e taludes; e
- e) monitoramento ambiental.

### IV - Quanto ao processo de disposição final de resíduos de serviços de saúde:

- a) disposição dos resíduos diretamente sobre o fundo do local;
- b) acomodação dos resíduos sem compactação direta;
- c) cobertura diária com solo, admitindo-se disposição em camadas;
- d) cobertura final; e
- e) plano de encerramento.

### **3.4.3 Sistema de Classificação segundo a OMS**

A organização Mundial de Saúde (OMS) elaborou a classificação dos RSS de forma mais agrupada, em:

- Resíduo geral; Não necessita de cuidados especiais.
- Resíduo patológico; tecidos, fetos, sangue, fluídos.
- Resíduo radioativo; contaminados com radioatividade.
- Resíduo químico perigoso e não perigoso; descarte de pesquisa, diagnóstico, limpeza e desinfecção.

- Resíduo infeccioso; concentração de patógenos (autópsia, hemodiálise).
- Resíduo perfuro-cortante; causadores de ferimentos (agulhas, lâminas, etc.).
- Resíduo farmacêutico; medicamentos vencidos.
- Embalagens pressurizadas; gases inertes e aerossóis.

#### 3.4.4 Características dos RSS

A caracterização dos RSS é realizada de acordo com o volume de resíduo gerado, constitui fator importante para o gerenciamento dos RSS de acordo com as diversas fontes geradoras. Em trabalho realizado pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental CETESB (1983), em cinco municípios do estado de São Paulo, na Tabela 3.3 encontram-se as quantidades em massa de resíduos variados.

Tabela 3.3 Quantidade representativa de RSS em cinco municípios do estado de São Paulo.

Locais	Porcentagem em massa (%)
Cozinha	58
Enfermarias	17
Maternidade	8
Ortopedia	7
Centro cirúrgico	4
Escritório	2
Demais setores	4

Fonte - CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental) no 12º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental em 1983

#### 3.4.5 Características Quantitativas do RSS

As características quantitativas, dizem respeito aos dados de produção de RSS em relação à produção de resíduos domiciliares; à distribuição por estabelecimento gerador; à

distribuição por origem de produção e à distribuição por classificação. Akatsu & Hamada (1993) demonstram que os RSS representam pequena parcela de resíduos sólidos produzidos por uma comunidade e que no Brasil, a produção de resíduos de serviços de saúde (em peso) corresponde de 1 a 2 % em relação resíduos domésticos, representado na Tabela 3.4.

Tabela 3.4 Quantidade de RSS e Resíduos Sólidos Domiciliares em algumas cidades brasileiras

Município	População, habitante.	Resíduos Serviços Saúde (t/dia)	Resíduos Sólidos domiciliares (t/dia)	RSS/RSD (%)
Rio Claro	137.509	0,65	64	1,02
Americana	143.000	1,20	120	1,00
Piracicaba	283.540	1,50	192	0,78
Santos	428.526	3,10	350	0,89
Guarulhos	780.000	8,00	400	2,00
Porto Alegre	1.400.000	24,75	850	2,91

Fonte: Akutsu & Hamada (1993)

Ribeirão Preto é a nona maior cidade do estado de São Paulo, possui pouco mais de 500 mil habitantes (População 504.923 habitantes segundo o Censo Demográfico de 2.000), espalhados por uma área de 651 km<sup>2</sup> sendo área urbana: 274,08 km<sup>2</sup> e Rural de 376,92 km<sup>2</sup>. É um importante centro cultural e urbano, possui varias universidades, com grande maioria dos cursos voltados para a área biológica e de saúde. Os dados demograficos de Ribeirão Preto estão demonstrados na Tabela 3.5.

Em entrevista concedida e publicada pelo jornal A cidade, 30/06/2005, Ano 100, número 150. O superintendente do DAERP (Departamento de água e Esgoto de Ribeirão Preto), Dr. Darvin José Alves, afirmou que “São 6 toneladas de lixo hospitalar recolhidos por dia em 1.080 pontos da cidade. O material é levado para o aterro sanitário onde passa pelo microondas para desinfecção”.

Tabela 3.5 Dados Demográficos de Ribeirão Preto/SP em 2000

Descrição	Dados
Área	52,2 km <sup>2</sup>
Altitude	546 m
Distancia da capital	319 km
Densidade Demográfica	774,3 hab/km <sup>2</sup>
População (total)	509.423
População (urbana)	502.760
% População Urbana	99,57%
Taxa de crescimento	1,84 %
% População do país	0,3%
Expectativa de vida (anos)	74,4
Mortalidade infantil	1,05 %
Taxa de Analfabetização	5,2 %
Taxa de Educação (7-14)	96,4 %
PIB per capta	US\$ 2.398
Pobreza	8,6 %
IDH	0,855 (alto) 19 do país

Fonte - [http://pt.wikipedia.org/wiki/Ribeir%C3%A3o\\_Preto](http://pt.wikipedia.org/wiki/Ribeir%C3%A3o_Preto), acessado em 12/08/2005

Takayanagui & Casagrande (1993) e Rutala (1989), afirmaram que 46% dos hospitais americanos verificaram que 15% dos resíduos produzidos naqueles estabelecimentos eram infectantes. A OMS (Organização Mundial de Saúde, 1985) considera que 25% dos RSS são infectantes, 10% recicláveis, 5% especiais e 60% resíduos comuns.

### 3.4.6 Características Qualitativas dos RSS

Noda & Rego (1993), ao avaliarem a contaminação de amostras coletadas em vários setores de dois hospitais de São Paulo, verificaram que o pronto socorro e ambulatório, o setor de enfermagem e internação e a copa/cozinha apresentaram valores significativos de *Staphylococcus aureus* e Coliformes fecais. O centro cirúrgico e a

Unidade de Terapia Intensiva apresentaram menor grau de contaminação dos resíduos já o laboratório, em função de prática de esterilização, praticamente não apresentou contaminação dos resíduos sólidos. O Quadro 3.1 demonstra a fonte de resíduos nos hospitais e seus componentes.

Quadro 3.1 Fontes de resíduos nos hospitais e seus componentes

FONTES	COMPOSIÇÃO DE RESÍDUOS
Administração	Papéis em geral
Centro obstétrico, inclusive quarto de pacientes.	Roupas sujas; gases; placentas; resíduos de ampolas, incluindo cápsulas de nitrato de prata; agulhas, seringas e lancetas descartáveis; máscaras descartáveis; absorventes; unidades descartáveis de lavagem intestinal; fraldas descartáveis; luvas descartáveis, etc.
Sala de emergência e centro cirúrgico, inclusive quarto de pacientes.	Roupas sujas; gases; tecidos humanos, incluindo materiais amputados; resíduos de ampolas; máscaras descartáveis; agulhas e seringas; gesso; lancetas descartáveis; unidades descartáveis de lavagem intestinal; conjuntos de drenagem; luvas cirúrgicas, etc.
Laboratório, morgue, sala de patologia e autópsia.	Fracos de vidro descartável, inclusive pipetas; placa de Petri, lâminas e recipientes de amostras; tecido humano, órgãos e ossos.
Sala de isolamento ou quarto de pacientes	Papéis impregnados de secreções nasais e de mucosa inflamada; ataduras, curativos e faixas; máscaras descartáveis; restos de alimentos, etc.
Posto de enfermagem	Ampolas; agulhas e seringas descartáveis; papéis.
Áreas de Serviço	Papelão; caixas; restos de embalagem; papéis, recipientes metálicos, inclusive latas e tambores; garrafas, inclusive frascos de alimentos e garrafas de soluções; garrafas de produtos farmacêuticos; resíduos de salas de visitantes e pacientes; flores; restos de alimentos das cozinhas e copas; resíduos de raios-X; trapos, etc.

Fonte: Motta (1988)

A caracterização físico-química dos RSS é um dos indicadores técnicos fundamentais para a definição do sistema de tratamento e/ou disposição final. A Tabela 3.6 mostra a composição elementar em base mássica e o poder calorífico dos RSS.

Tabela 3.6 Caracterização físico-química dos resíduos de serviço de saúde

Parâmetro/fonte	maternidade	enfermarias	ortopedia	Centro cirúrgico	Outros (pronto socorro, laboratórios, etc.)
Umidade %	59,3	24,1	7,8	28,6	12,2
Carbono (% em massa)	32,3	30,8	27,6	27,9	32,0
Hidrogênio (% em massa)	4,7	3,6	2,9	3,9	3,6
Enxofre (% em massa)	0,3	0,0	1,4	0,5	0,3
Sólidos voláteis (% em massa)	94,3	95,8	-	89,5	95,9
Poder Calorífico Inferior (kcal/kg)	1589,17	2857,71	-	2417,33	3462,73
Poder Calorífico Superior (kcal/kg)	4990,0	4236,0	3826,0	3893,0	4303
Cloro (% em massa)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cloretos (% em massa)	0,05	0,08	0,14	0,09	0,09

Fonte - CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental) (1983)

Ao analisar os parâmetros acima, destaca-se que é a umidade fator importante para o tratamento dos RSS, pois tem influência direta sobre a temperatura durante o processo adotado, além da presença de enxofre e cloretos, que podem causar poluição atmosférica. Outro fator que chama à atenção é o alto poder calorífico dos resíduos.

### 3.5 Riscos ao Meio Ambiente e a Saúde Pública

Coimbra (1985) considera o meio ambiente como “o conjunto dos elementos físico-químicos, ecossistemas naturais e sociais em que se insere o homem, individual e socialmente, num processo de interação que atenda ao desenvolvimento das atividades humanas, à preservação dos recursos naturais e das características essenciais, dentro de padrões de qualidade definidos”. Já a Legislação define meio ambiente como “o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abrigam e regem a vida em todas as suas formas”, no (art. 3º. I da Lei 6938/81) (MACHADO, 1992; TAKAYANAGUI, 1993).

Etimologicamente a expressão meio ambiente deriva do latim: Amb + ire, que significa ir à volta, sendo que, apesar de diferenças gráficas, tanto em francês (environnemnt), como em inglês (environment), conserva o mesmo significado (COIMBRA, 1985; TAKAYANAGUI, 1993).

A produção de resíduos pelo homem, data de milênios, sendo estes resíduos encontrados na forma líquida sólida e gasosa e “com o desenvolvimento econômico, tecnológico e social da humanidade, é cada vez mais complexo o problema dos resíduos gerados, dado o crescente volume produzido (BRUNNER & BROWN, 1988; FAY *et al*, 1990, MACHADO, 1992)”.

Quanto maior o potencial de risco que os resíduos dos serviços de saúde apresentar, maiores serão os riscos potenciais representados por eles, considerando que podem favorecer o aumento de vetores veiculadores ou reservatórios de vários patógenos, aumentando o risco de contaminação do homem quando dispostos de forma inadequada ocasionando seria ameaça a saúde publica. Hoje um sistema inadequado de disposição final dos resíduos dos serviços de saúde gera também o problema do aspecto estético,

inaceitável para a maioria das pessoas (BERTUSSI FILHO, 1988; TAKAYANAGUI, 1993, LIMA, 1995, JOFFRE, 1997).

A disposição, coleta e tratamento dos resíduos de serviços de saúde têm sido alvo de grande preocupação da sociedade moderna que, embora ainda não saiba completamente como tratar os 30 trilhões de quilos de lixo produzidos no planeta todos os anos, se indigna ao saber que materiais como seringas, agulhas, bisturis, curativos e bolsas de sangue contaminado, tecidos e partes anatômicas de corpos humanos, bem como remédios e drogas vencidos, dentre outros, todos integrantes de uma grande lista de resíduos gerados nos estabelecimentos de saúde e órgãos congêneres, são depositados livremente em lixões, a céu aberto, onde ficam em contato direto com catadores, animais e insetos. Foratini (1979) mostra as principais vias de acesso de agentes patogênicos oriundos dos resíduos sólidos domiciliares.(Figura 3.2)

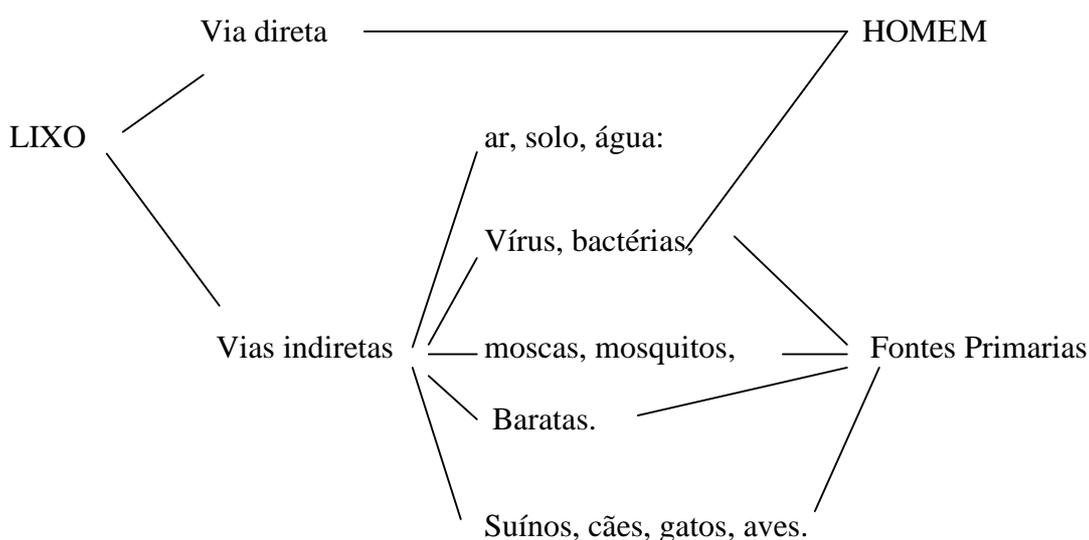


Figura 3.2 Diagrama das vias de acesso de agentes patogênicos para o homem através dos resíduos sólidos domiciliares dispostos inadequadamente.

Fonte: Foratini (1979)

### 3.6 Sistemas de Tratamento

Segundo o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT, 1998), os resíduos de serviços de saúde podem ser tratados através da incineração, esterilização a vapor, desinfecção química, inativação térmica, esterilização por gases, radiações ionizantes e desinfecção por microondas. A escolha por um determinado método de tratamento deve envolver os benefícios ambientais, sanitários e econômicos.

A Resolução nº5 do CONAMA (1993) define Sistema de Tratamento de Resíduos Sólidos como “conjunto de unidades, processos e procedimentos que alteram as características físicas, químicas ou biológicas dos resíduos e conduzem à minimização do risco à saúde pública e à qualidade do meio ambiente”. Ainda, conforme a Resolução nº 5 do CONAMA (1993), os sistemas de tratamento dos RSS devem empregar processos de esterilização a vapor ou por incineração, ou, conforme o art. 11, parágrafo 1º. Outros processos de tratamento poderão ser adotados, desde que assegurem a eliminação das características de periculosidade; preservação dos recursos naturais e atendimento aos padrões de qualidade ambiental e de saúde pública.

A ANVISA (2006) de acordo com o documento *Technical Assistance Manual: State Regulatory Oversight of Medical Waste Treatment Technology*, da EPA, EUA, existem diversos níveis de inativação microbiana (Quadro 3.2). Para as tecnologias de tratamento de resíduos de serviços de saúde, é necessário atingir pelo menos o nível 3.

Quadro 3.2 Níveis de inativação microbiana de acordo com a *EnvironmentProtection Agency – EPA, EUA*

Nível de Inativação	Descrição
Nível 1	Inativação de bactérias vegetativas, fungos e vírus lipofílicos com uma redução maior ou igual a 6 Log10
Nível 2	Inativação de bactérias vegetativas, fungos e vírus lipofílicos e hidrofílicos, parasitas e micro bactérias com uma redução maior ou igual a 6 Log10
Nível 3	Inativação de bactérias vegetativas, fungos e vírus lipofílicos e hidrofílicos, parasitas e micro bactérias com uma redução maior ou igual a 6 Log10 e inativação de esporos de <i>B. staerothermophilus</i> ou <i>B. subtilis</i> com uma redução maior ou igual a 4 Log10
Nível 4	Inativação de bactérias vegetativas, fungos e vírus lipofílicos e hidrofílicos, parasitas e micro bactérias e inativação de esporos de <i>B. staerothermophilus</i> ou <i>B. subtilis</i> com uma redução maior ou igual a 6 Log10

Fonte - Brasil (ANVISA, 2006)

### 3.6.1 Incineração

A Resolução CONAMA 06, de 19/09/91, desobriga a incineração ou qualquer outro tratamento de queima dos resíduos sólidos provenientes dos estabelecimentos de saúde, portos e aeroportos.

Além das despesas com a sua implantação e monitoramento da poluição gerada, implica também em relegar para segundo plano a coleta seletiva e a reciclagem, que são processos altamente educativos. Não fossem essas desvantagens, a incineração seria um tratamento adequado para resíduos sólidos de alta periculosidade, como os resíduos de serviços de saúde, permitindo reduzir significativamente o volume do lixo tratado e não necessitar de grandes áreas quando comparada aos aterros sanitários; além da possibilidade do aproveitamento da energia gerada na combustão.

Segundo Monteiro *et. al* (2001), o incinerador é um sistema composto por duas câmaras de combustão onde resíduos sólidos e líquidos são queimados a uma temperatura que varia entre 800 e 1000<sup>0</sup>C, na presença de excesso de oxigênio onde os materiais a base de carbono são decompostos desprendendo calor e gerando um resíduo de cinzas. Schalch *et. al.* (2001) afirma que Blenkarn e Oakland (*Depart. Bacteriology, Royal Postgraduate Medical School, London*), avaliaram bacteriologicamente um incinerador cuja câmara de combustão primária funcionava a 800<sup>0</sup>C e a secundária a 1100<sup>0</sup>C. Constataram que alguns microorganismos continuavam vivos e concluíram que “a incineração pode não ser um método absolutamente seguro para a esterilização dos resíduos de serviços de saúde”.

O tratamento dos resíduos através do processo de incineração deve atender todas as exigências legais e ambientais, segundo a Resolução do CONAMA nº. 316 de 29/10/2002, que dispõe sobre procedimentos e critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos, para que não apresentem resíduos deletérios à saúde, tanto nos efluentes sólidos, gasosos, como nos líquidos, durante o processo. Para atender a essas exigências o equipamento tem um custo bastante elevado, não só no investimento inicial, mas na sua constante manutenção, além exigir mão-de-obra especializada.

### **3.6.2 Esterilização a Vapor**

A esterilização é um processo físico-químico que elimina todos os microorganismos, diferencia-se da desinfecção, por eliminar inclusive os esporos bacterianos (Ministério da Saúde, 1989). A anti-sepsia é o procedimento mecânico,

utilizado para a eliminação e destruição de microorganismos existentes em tecidos através da aplicação de agentes antimicrobianos (Ministério da Saúde, 1989).

Bertussi Filho (1994) *apud* Orofino (1996) explica que a esterilização a vapor refere-se ao tratamento dos resíduos com vapor saturado, onde estes são expostos à temperatura de 121°C a 132°C durante 15 a 30 minutos para a destruição das bactérias, que ocorre pelo termo coagulação das proteínas citoplasmáticas. Este método é largamente utilizado nos serviços de saúde, com o objetivo de esterilizar os artigos críticos e semi-críticos, entretanto sua utilização para os resíduos de serviços de saúde vem ocorrendo apenas nos últimos anos, especialmente nos países de gestão avançada de resíduos sólidos. No Brasil, está sendo utilizada principalmente para os resíduos biológicos, tendo como vantajoso o fato de não causar poluição atmosférica, os líquidos devem ser tratados.

### **3.6.3 Desinfecção Química**

Processo em que os resíduos são mergulhados em solução química desinfetante, que destrói agentes infecciosos. Os resíduos líquidos são despejados em sistemas de esgoto e os resíduos sólidos secos resultantes, são dispostos em aterro sanitário. No entanto, as recomendações para seu uso referem-se mais à desinfecção de utensílios e superfícies do que de resíduos, sendo necessário um monitoramento de cada lote dos produtos utilizados para maior garantia. O maior inconveniente é que este processo usa produtos tóxicos e deixa resíduos tanto ou mais perigosos para o meio ambiente, além de seu emprego estar associado a altos riscos ocupacionais. São contra-indicados para resíduos anátomo-

patológicos, animais contaminados e outros e pela natureza dos resíduos, pois estes agentes são ineficazes na presença de excesso de matéria orgânica (BERTUSSI FILHO, 1994).

#### **3.6.4 Inativação Térmica**

A tecnologia de inativação térmica tem sido utilizada para solucionar diferentes problemas ambientais, incluindo diversos tipos de resíduos industriais, resíduos de serviços de saúde e mais recentemente, valorizando materiais anteriormente considerados resíduos. Tecnologia de alto custo operacional e ainda em desenvolvimento.

#### **3.6.5 Radiação Ionizante**

A exposição dos RSS a ação de raios gama ocorre em sua forma natural, os raios gama são gerados por uma fonte de cobalto 60 que torna inativo os microorganismos. Tendo como inconveniente o questionamento de que nem toda a massa de RSS fica exposta com segurança aos raios eletromagnéticos (MONTEIRO *et al*, 2001) e a necessidade de destino adequado para as fontes de radiação já inutilizadas pelo uso.

#### **3.6.6 Inativação por Microondas**

Consiste na desinfecção dos resíduos pela exposição à radiação não ionizante do tipo microondas. Os resíduos são triturados antes da operação. O aquecimento de todas as superfícies é promovido pela formação de uma mistura de vapor d'água e resíduos que submetido à ação de uma bateria de geradores de microondas uniforme desinfeta cada partícula após o processamento. O material é irreconhecível como resíduo hospitalar e

pode ser encaminhado para disposição final em aterros sanitários. É um processo ainda novo, com pouca referência bibliográfica, e de pouco conhecimento no Brasil; já na Europa, alguns serviços de saúde utilizam microondas para destruição de patógenos com poder de virulência elevado (LEE *et al*, 1991).

Brasil (2002) afirma que neste sistema, os resíduos podem ser depositados de forma manual ou mecânica, passando por trituração, são umedecidos com vapor d'água, e posteriormente são conduzidos mecanicamente para a câmara de desinfecção onde estão instalados emissores de radiação eletromagnética de alta frequência (gigahertz) aquecendo a batelada de RSS com temperaturas que variam de 95°C a 105°C. A radiação eletromagnética atua sobre as moléculas de água presente nos RSS, fazendo-as vibrar em alta frequência, invertendo sua polaridade milhares de vezes, possibilitando a geração do calor. Os RSS são submetidos ao campo magnético formado entre suas placas metálicas (Jornal Gazeta Mercantil, 25 de março, 1999).

A vantagem da desinfecção por microondas é o processo continuado de operação, assim como a descaracterização e redução do volume após trituração (Brasil 2002) e a ausência de emissão de efluentes de qualquer natureza (Monteiro *et al*, 2001), tendo como desvantagens o alto custo em relação aos outros métodos de tratamento, e a capacidade de operação limitada (BRASIL, 2002; MONTEIRO *et al* 2001).

Segundo IBGE (2000), há 21 unidades de microondas operantes no Brasil, todas implantadas na região Sudeste, no estado de São Paulo. Nos outros estados, os RSS são tratados das mais diversas formas.

### 3.7 Disposição Final

Conta à história da humanidade que o ato de aterrar o lixo como destino final não é consciência moderna. Lima (1995) cita que “na Mesopotâmia 2.500 anos antes de Cristo os nabateus enterravam seus resíduos domésticos e agrícolas em trincheiras escavadas no solo e posteriormente quando já decomposta a matéria orgânica, esta era utilizada como fertilizante orgânico”, ainda na mesma obra, o referido autor relata que a necessidade sentida pelos administradores públicos e demais interessados em saúde pública foi em razão da peste bubônica que é transmitida por roedores ter dizimado 43 milhões de pessoas na Europa. Desde então, houve o aprimoramento contínuo na prática do aterro do lixo, o que deu origem ao que hoje se conhece como aterro sanitário.

Dentre as técnicas apresentadas para destinação final dos resíduos, a tecnologia mais econômica e que vem de encontro à legislação e a realidade da situação sócio-econômica dos municípios é a forma de aterro sanitário, sendo esta, a técnica mais recomendada atualmente no mundo.

A Resolução n.º 05/93 do CONAMA, define Sistema de Disposição Final de Resíduos Sólidos como o “conjunto de unidades, processos e procedimentos que visam ao lançamento de resíduos no solo, garantindo-se a proteção da saúde pública e a qualidade do meio ambiente”. No seu artigo n.º 10, os resíduos sólidos pertencentes ao grupo “A” não poderão ser dispostos no meio ambiente sem tratamento prévio que assegure a eliminação das características de periculosidade do resíduo, a preservação dos recursos naturais e o atendimento aos padrões de qualidade ambiental e de saúde pública.

Os vazadouros ou “lixões” recebem sobre o solo descargas de resíduos sólidos sem nenhuma medida de tratamento prévio, ficando a céu aberto, o que vem ocasionar a multiplicação de vetores responsáveis pela proliferação de roedores, baratas, moscas, além

dos odores desagradáveis. A poluição do solo é danosa aos recursos hídricos pelo chorume gerado através da decomposição da matéria orgânica. Verificou-se a disposição de dejetos originados dos serviços de saúde nestes locais (Paschoalato, 2000).

Conforme Bracht (1993) a disposição dos resíduos a céu aberto é o método mais utilizado no Brasil, apesar de ser um método incorreto de disposição, pois traz desvantagens como poluição de rios, mares, proliferação de vetores contaminantes. Os métodos de disposição final mais utilizados no Brasil são os aterros sanitários, industriais e as valas sépticas.

### **3.7.1 Aterro Sanitário**

Takayanagui (1993) afirma que esse método de disposição final é o mais utilizado na Inglaterra (85%) e no Canadá (90%), estando em declínio na Austrália. Esse método de disposição final não oferece dano considerável ao meio ambiente, desde que corretamente praticado.

Aterro é a disposição ou aterramento do lixo sobre o solo e deve ser diferenciado, tecnicamente, em aterro sanitário, aterro controlado e vazadouro.

É um processo utilizado para a disposição de resíduos sólidos no solo, que fundamentado em critérios de engenharia e normas operacionais específicas, permite a confinamento segura em termos de controle de poluição ambiental, proteção à saúde pública; ou, forma de disposição final de resíduos sólidos urbanos no solo, através de confinamento em camadas cobertas com material inerte, geralmente, solo, de acordo com normas operacionais específicas, e de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança, minimizando os impactos ambientais. São classificados conforme Instituto de Pesquisas Tecnológicas (1998), e ABNT em 3 tipos:

A - Método da trincheira, utilizado em terrenos planos que não possuam problema de lençol freático. No terreno são escavados as.

B - Método da rampa, utilizado em terrenos com declives acentuados.

C - Método das áreas, utilizados em áreas de solo arenoso ou áreas alagadiças. Em ambos os casos têm que ser feita impermeabilização do terreno com uma camada de argila. No caso de terrenos alagados se faz ainda uma drenagem para rebaixamento de lençol freático.

### **3.7.2 Vala Séptica**

A vala séptica é uma forma de disposição final para RSS do Grupo A. Consiste em uma vala escavada no solo, obedecendo a critérios de impermeabilização e outros procedimentos técnicos, que se destina ao aterramento de RSS com características construtivas fundamentadas (BRASIL, 2002).

A destinação final de resíduos sólidos de serviços de saúde em 2000 melhorou com 9,5 % dos municípios encaminhando-os para aterros de resíduos especiais (69,9 % próprios e 30,1 % de terceiros). A disposição destes resíduos nos mesmos aterros que recebem os resíduos domiciliares não é necessariamente uma medida inadequada, sua disposição em valas sépticas, isoladas e protegidas do acesso de pessoas tem sido aceita por alguns órgãos de controle ambiental, após descaracterização e desinfecção. É interessante observar, também, que apenas uma percentagem de municípios utiliza algum sistema de tratamento térmico dos RSS (incinerador, microondas, autoclave) (BRASIL, 2002).

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido em escala laboratorial, no Laboratório de Recursos Hídricos da Universidade de Ribeirão Preto SP, as informações utilizadas na escolha das condições operacionais foram coletadas no aterro sanitário da cidade de Ribeirão Preto SP – Brasil, localizado na Rodovia Mário Donegá, km cinco.

Segundo o DAERP, no município de Ribeirão Preto, são coletadas seis toneladas de resíduos de serviços de saúde em 1080 estabelecimentos por dia. A coleta é feita por empresa terceirizada conforme preconizado pelo CONAMA 358/2005 e RD 306/2004. Os RSS são transportados até o aterro sanitário na Rodovia Mário Donegá, km cinco, próximo do anel viário. Visitas técnicas na unidade de desinfecção de Ribeirão Preto permitiram verificar que os RSS são pesados, triturados, umidificados e expostos às microondas que são geradas por seis fontes de 1400W (2450 MHz) por tempo total de processamento aproximado de 40 a 45 minutos sendo cada batelada composta de 90 kg, tendo o microondas capacidade para processar uma carga de resíduo de até 250kg/h, declaração prévia segundo operadores do equipamento. As Figuras 4.1 e 4.2 mostram a vista anterior e posterior da unidade real instalada no Município de Ribeirão Preto.



Figura 4.1 Vista anterior do sistema de microondas do município de Ribeirão Preto SP



Figura 4.2 Vista posterior do sistema de microondas do município de Ribeirão Preto SP

O cálculo da massa de RSS utilizada no experimento foi obtida após a determinação da potência real do forno microondas de laboratório. Determinou-se a massa de RSS a ser utilizada em cada experimento com base nas relações:

$$P/M = 60 \text{ W/kg para Massa RSS}_1 (M_1)$$

$$P/M = 80 \text{ W/kg para Massa RSS}_2 (M_2)$$

$$P/M = 100 \text{ W/kg para Massa RSS}_3 (M_3)$$

A massa de cada ensaio pôde ser obtida pela divisão da potência real de operação pela relação P/M de interesse.

#### 4.1 Fundamentos Teóricos

O processo de desinfecção em batelada associado ao modelo cinético de primeira ordem (Lei de Chick) fornece que (Geankopolis, 2003):

$$-\frac{dN}{dt} = k.N \tag{4.1}$$

na qual,  $N$  é o número de microorganismos,  $k$  é a constante cinética de primeira ordem ( $s^{-1}$ ) e  $t$  é o tempo (s).

A integração da Equação 1 resulta em:

$$\int_{N_0}^N -\frac{dN}{N} = \int_0^t k \cdot dt \quad (4.2)$$

em que  $N_0$  é o número de microorganismos no instante inicial.

O modelo cinético de primeira ordem pressupõe as seguintes hipóteses: população homogênea de microrganismos (cultura pura), escoamento *plug-flow* ou batelada de mistura completa, distribuição homogênea da radiação através do resíduo e temperatura uniforme ao longo do resíduo.

A condição de dispersão uniforme da radiação na cavidade de fornos de microondas domésticos é adequada, sobretudo quando o prato interno de apoio for giratório. As paredes internas do forno refletem parte da radiação que resulta em interferência entre ondas em algumas regiões do forno. O movimento giratório minimiza o efeito dessas regiões no processo de aquecimento (Rosini, Nascentes e Nóbrega, 2004).

A constante cinética é dependente da energia de ativação e da temperatura segundo a Lei de Arrhenius:

$$k = k_0 \cdot e^{\left(\frac{-E_a}{R.T}\right)} \quad (4.3)$$

sendo que  $k_0$  é o fator pré-exponencial ( $s^{-1}$ ),  $E_a$  é a energia de ativação (J/mol) e  $R$  é a constante universal dos gases ideais.

Uma vez que os experimentos de desinfecção em batelada ocorrem em condição não-isotérmica em função do tempo de processamento, é preciso levar em consideração a variação de  $k$  ao longo de cada ensaio.

$$\ln\left(\frac{N_0}{N}\right) = \int_0^t k_o \cdot e^{\left(\frac{-Ea}{R.T}\right)} dt \quad (4.4)$$

ou

$$N = N_0 \cdot \exp\left[-\int_0^t k_o \cdot e^{\left(\frac{-Ea}{R.T}\right)} dt\right] \quad (4.5)$$

A fração de inativação de microorganismos foi definida como:

$$X(\%) = \frac{(N_0 - N)}{N_0} \cdot 100 \quad (4.6)$$

A dependência da temperatura em função do tempo pode ser obtida experimentalmente em cada ensaio. O ajuste de um polinômio para representar  $T$  em função do tempo permite a integração numérica e determinação dos valores de  $k_o$  e  $Ea$  para as condições estudadas. O fator pré-exponencial ( $k_o$ ) da Lei de Arrhenius é pouco dependente da temperatura e foi assumido como sendo constante no estudo (LEVENSPIEL, 1999). A energia de ativação ( $Ea$ ) é um parâmetro dependente da intensidade da radiação, por analogia ao efeito de catalisadores em reações químicas.

A integração numérica foi efetuada pelo método de Simpson e a determinação de  $Ea$  e  $k_o$  foi realizada pelo critério de mínimos quadrados. O erro ( $E$ ) foi calculado para cada

intervalo de tempo e foi minimizado pelo critério da somatória dos erros ao quadrado para todas as condições experimentais.

## 4.2 Equipamentos e Acessórios

Na realização dos experimentos, foi utilizado um forno de microondas doméstico, SHARP, modelo Micro Browner – R-4B82, 2450 MHz, com capacidade aproximada de 20 litros (Figura 4.3).



Figura 4.3 Microondas utilizado no estudo da desinfecção de RSS

Os acessórios e materiais utilizados durante os experimentos foram:

- Termômetro digital de temperatura com precisão mínima de  $1 \pm 0,1^{\circ}\text{C}$ ;
- Cálice graduado de vidro pyrex 1000mL;
- Balão volumétrico de vidro pyrex 1000mL;
- Água deionizada conservada em reservatório de plástico;
- Balança digital;
- Placa de Petri descartável com diâmetro de 90 mm e 15 mm altura;
- Alça bacteriológica descartável calibrada em um mililitro;

- Resíduo de serviço de saúde coletados no Município de Ribeirão Preto, após desinfecção pelo processo de microondas local;
- Autoclave;
- Recipiente redondo de plástico transparente próprio para uso em microondas, com capacidade para 2,5 litros, 30 cm de diâmetro e 10 cm de altura;
- Cepas padrão ATCC<sup>®</sup> (*American Type Culture Collection*), Laborclin Produtos para Laboratórios Ltda, sendo:
  - *Escherichia coli* derivada ATCC<sup>®</sup> 25922;
  - *Staphylococcus aureus* derivada ATCC<sup>®</sup> 25923;
  - *Pseudomonas aeruginosa* derivada ATCC<sup>®</sup> 27853;
- Estufa bacteriológica calibrada para temperatura de 35 a 37°C;
- Higrômetro SARTORIUS modelo MA 30
- Capela de Fluxo Laminar;
- Meios de cultura MacConkey específico para *E. coli* e; *S. aureus*.
- Meios de cultura Manitol específico para *P. aeruginosa*
- Soro Fisiológico 0,9% industrializado.

### 4.3 Procedimentos Experimentais

O procedimento experimental do estudo envolveu as etapas de calibração da potência dissipada pelo forno, determinação da umidade da massa de resíduos, preparação dos microorganismos, ensaios de desinfecção, recuperação dos microorganismos por imersão do resíduo em solução salina 0,9%, verificação da temperatura, processamento do resíduo para o experimento e caracterização do resíduo utilizado.

### 4.3.1 Calibração do Forno de Microondas

A calibração da potência do forno de microondas foi realizada em 10%, 20% e 30% da potência nominal do forno, conforme indicação no aparelho. O procedimento efetuado foi:

- Colocou-se 700g de água deionizada em um becker de 1000mL,
- Mediu-se a temperatura inicial da água e colocou-se o becker no centro do aparelho de microondas e programou-o para 120 segundos na potência desejada.
- Ao término, removeu-se o becker com cuidado, mediu-se novamente a temperatura da água, considerando assim a temperatura final.

O experimento foi realizado em triplicata para obtenção da potência real dissipada.

A potência real dissipada no equipamento foi obtida pelo princípio da conservação da energia, que resultou em:

$$P = \frac{M_A \cdot C_{PA} \cdot \Delta T}{t} + \frac{M_V \cdot C_{PV} \cdot \Delta T}{t} \quad (4.7)$$

em que:

P é a potência real absorvida pela amostra (W);

$M_A$  é a massa da amostra de água (kg)

$C_{PA}$  é a capacidade calorífica ou calor específico da água (kJ/kg.°C);

$C_{PV}$  é a capacidade calorífica ou calor específico do vidro (kJ/kg.°C);

$\Delta T$  é a diferença de temperatura (°C).

Por hipótese, assumiu-se que a temperatura do vidro era igual a da água em cada ensaio de calibração.

#### 4.3.2 Determinação da umidade do resíduo de serviço de saúde

Determinou-se a umidade do resíduo com o aparelho MA 30 – SARTORIUS, Laboratório de Recursos Hídricos da Universidade de Ribeirão Preto, com os seguintes parâmetros:

Temperatura: 105°C

Tempo: 99 segundos

Umidade: 0 – 105%

Foi recolhida uma amostra do RSS no local de sua desinfecção junto ao aterro sanitário de Ribeirão Preto, sem adição do vapor, antes do início da exposição às microondas e verificada umidade inicial (Figura 4.4). Logo após trituração e umidificação recolheu-se outra amostra para nova leitura da umidade do RSS após sua exposição, sendo esta umidade final dos RSS após o tratamento.



Figura 4.4 Verificando umidade do RSS em laboratório

A umidade do RSS foi medida em cada experimento realizado, antes e depois dos ensaios de contaminação do RSS para a exposição às microondas. As equações 4.8 e 4.9 foram utilizadas para o cálculo da água a ser adicionada ao resíduo.

$$U_1 = \frac{M_{H_2O_{inicial}}}{M_{H_2O_{inicial}} + M_{H_2O_{adicionada}} + M_{RSS\ sec\ o}} \quad (4.8)$$

$$U_2 = \frac{M_{H_2O_{inicial}} + M_{H_2O_{adicionada}}}{M_{H_2O_{inicial}} + M_{H_2O_{adicionada}} + M_{RSS\ sec\ o}} \quad (4.9)$$

A quantidade de água adicionada foi calculada para manutenção da umidade do resíduo constante em 50%, valor encontrado na operação da umidade em escala real.

### 4.3.3 Preparação dos Microorganismos

Os microorganismos utilizados foram a *Escherichia coli*, derivada ATCC<sup>®</sup> 25922, *Staphylococcus aureus* derivada ATCC<sup>®</sup> 25923 e *Pseudomonas aeruginosa* derivada ATCC<sup>®</sup> 27853; na forma liofilizada. A preparação consistiu em adicionar 0,2 mL de água destilada para rehidratar a amostra por quinze minutos. Em seguida, transferiu-se o conteúdo para um tubo de ensaio contendo o meio de cultura líquido B.H.I (Brain – Heart – Infusion), caldo infuso de cérebro e coração, Silva (1999). A partir da cultura de células crescidas no caldo, foram alicotados 10 µL da suspensão com uma alça plástica calibrada. Esse volume foi disperso em 50 mL de solução salina 0,9% em massa, previamente esterilizada. Nesta etapa, foi retirada uma amostra de 10 µL que foi semeada em placas de Petri com meio sólido de cultura Agar MacConkey, seletivo para o isolamento de enterobactérias *Escherichia coli*, e *Staphylococcus aureus* e meio sólido de Agar manitol

seletivo para *Pseudomonas aeruginosa*, em oito direções para o cálculo da quantidade de microorganismo inoculada no resíduo no início de cada experimento ( $N_0$ ). Incubadas por 24h em estufa, com temperatura controlada de 36 a 37°C, foi efetuada a contagem das unidades formadoras de colônia.

#### **4.3.4 Ensaio de Desinfecção**

Primeiramente, ajustava-se o forno para dissipar 10% de sua capacidade nominal, potência real de 66 W. Em seguida, media-se a umidade do resíduo e calculava-se a massa de água a ser adicionada para fornecer a umidade de 50%. As massas de resíduo úmido utilizadas para fornecer as potências por unidade de massa de 60, 80 e 100 W/kg foram respectivamente 1095g, 821g e 657g. Inoculava-se o resíduo com 50 mL de solução salina 0,9% contendo nela 10  $\mu$ L da suspensão com microorganismos e completava-se a massa de água restante. Ajustava-se o equipamento para o tempo de operação necessário (15, 25, 30, 35 e 40 min).

#### **4.3.5 Validação por Recuperação dos Microorganismos por Imersão do Resíduo de Serviço de Saúde em solução salina 0,9%**

Nesta etapa, foi realizada a validação do experimento considerando a confirmação por exame e fornecimento de evidência objetiva, de que os requisitos específicos para um determinado uso pretendido são atendidos. Uma validação deve ser abrangente para atender às necessidades de uma aplicação ou áreas de aplicações; confiabilidade e reprodutibilidade, rapidez na análise e resposta; facilidade na execução; propriedades analíticas (precisão e limite de detecção) e redução de custos.

A recuperação dos microorganismos verificou-se quando retirou-se 10 microlitros com alça plástica calibrada da suspensão preparada com microorganismo, dispersou-se em 50 mL solução salina 0,9% esterilizada, recolhido 10 microlitros e semeou-se em placas de Petri com meio sólido de cultura específico para cada microorganismo em oito direções, para conhecimento da quantidade de microorganismo inoculada no RSS, calculou-se a quantidade de água necessária para alcançar umidade do RSS em 50%, contaminou-se a massa conhecida de RSS, sem passar pelo processo de microondas, imergiu-se o RSS em 4 litros de solução salina 0,9% esterilizada, homogeneizado por quatro minutos. Foram recolhidas 4 amostras de 1 mL com pipeta de Pasteur, semeou-se em placas de Petri com meio de cultura seletivo, incubou-se por 24h em estufa com temperatura controlada 36 – 37°C. Posteriormente, efetuou-se a contagem de unidade formadora de colônia que permitiu a comparação com a quantidade de microorganismo que inoculou-se no RSS.

O experimento teve como objetivo validar a metodologia utilizada para a realização da pesquisa e recebeu o nome de branco, a quantidade de microorganismo inicial foi chamada de  $N_0$  (Figura 4.5) e a quantidade de microorganismo final foi chamada de  $N$  (Figura 4.6).

Para a utilização dos RSS com segurança de não contaminação, foi necessário a esterilização dos mesmos e também recolhidos amostras e inoculadas em placas de Petri com meio seletivo para *E. coli*, *S. aureus* e *P. aeruginosa* incubadas por 24h em estufa com temperatura controlada 36 – 37°C, foi efetuado análise das placas e certificado a insistência de microorganismo utilizado nos experimentos da pesquisa.



Figura 4.5 Quantidade de microorganismo inicial ( $N_0$ )

O experimento possibilitou o arraste por imersão do número de colônias inoculadas, considerando pequena a margem de erro. O mesmo experimento foi realizado para *S. aureus* e *P. aeruginosa*, com sucesso de validação.



Figura 4.6 Quantidade de microorganismo final ( $N$ )

A solução salina utilizada para o experimento foi analisada semeando 10 microlitros em placa de Petri com meio sólido específico, incubadas por 24h em

incubadora com temperatura controlada 36 – 37°C, sem crescimento de microorganismo (Figura 4.7).

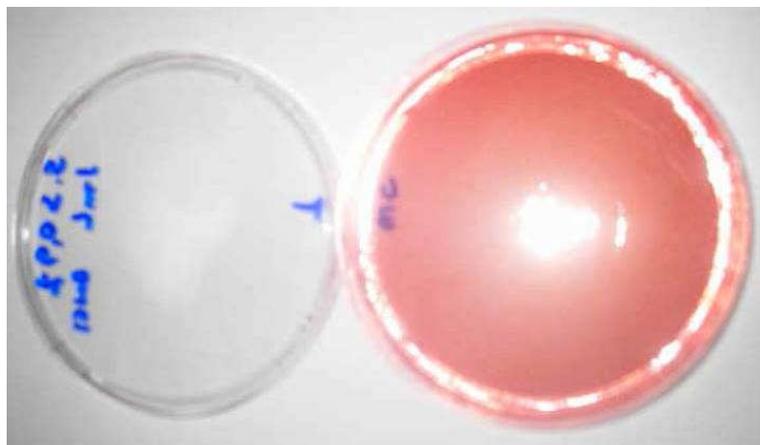


Figura 4.7 Plaqueamento da solução salina 0,9% utilizada para experimento

A Figura 4.8 mostra o fluxograma da metodologia desenvolvida para realização dos ensaios em escala laboratorial.

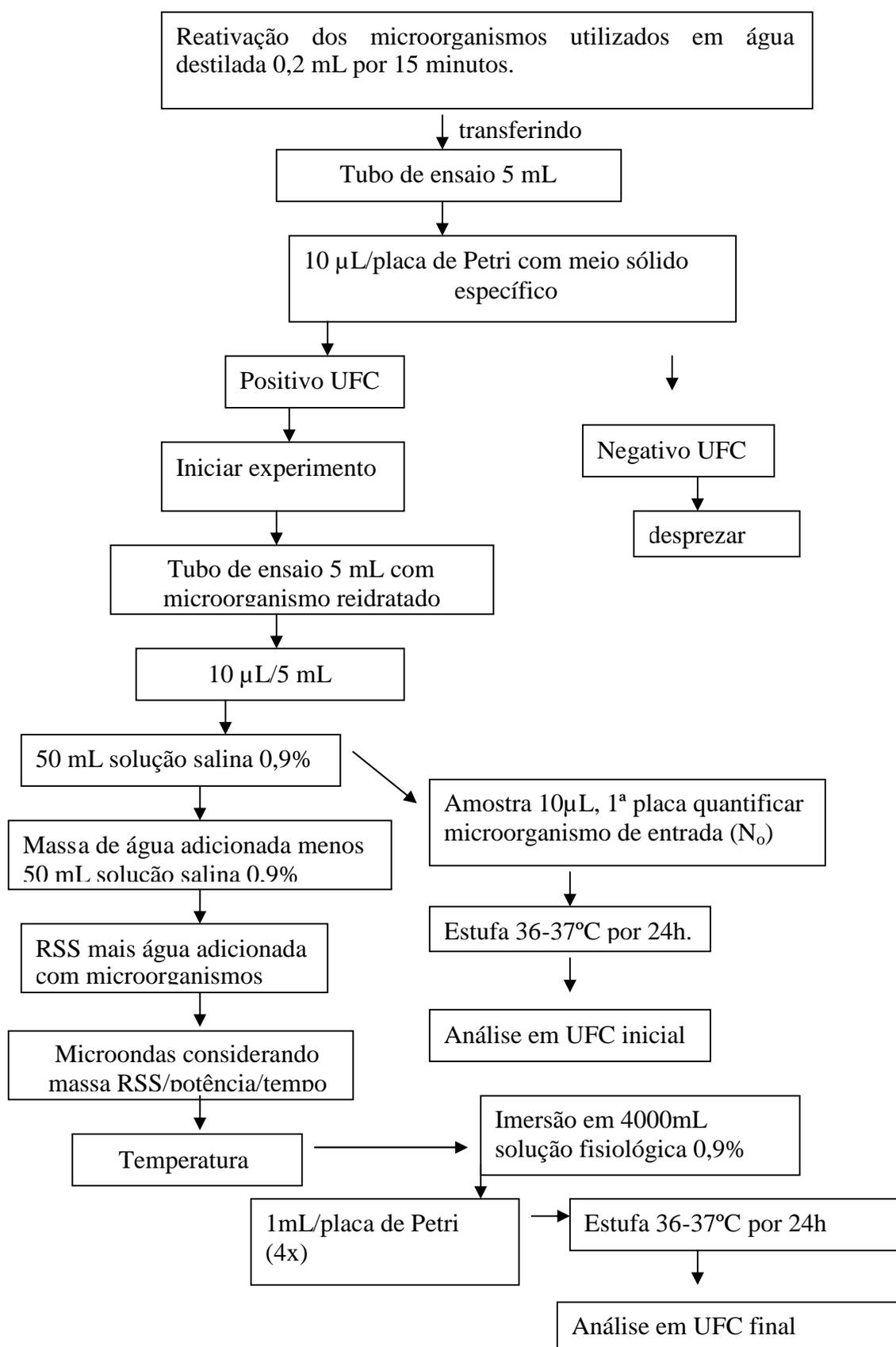


Figura 4.8 Fluxograma da metodologia desenvolvida no estudo

#### **4.3.6 Verificação da Temperatura**

A temperatura do RSS foi verificada logo após o término de cada ciclo de utilização das microondas para os experimentos sendo utilizado o centro da massa do RSS. Utilizou-se um termômetro digital de temperatura com precisão mínima de  $0,1 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ .

#### **4.3.7 Processamento do Resíduo para o Experimento**

O resíduo de serviço de saúde utilizado foi coletado em unidade real instalada no município de Ribeirão Preto SP, logo após a desinfecção como mostra a Figura 4.9. Foi recolhido em saco branco, leitoso, aproximadamente 15 quilos lacrados e transportados imediatamente para o Laboratório de Recursos Hídricos da Universidade de Ribeirão Preto onde foram realizados os experimentos. Todos os experimentos foram realizados em triplicata onde a cada experimento o RSS foi esterilizado em autoclave, realizando-se teste de eficácia em cada processo de esterilização realizado.

O RSS é coletado por empresa terceirizada, em caminhões fechados (Figura 4.10), transportados até o aterro sanitário, onde é pesado, triturado, umidificado, processado por microondas e depositado em aterro sanitário.



Figura 4.9 RSS utilizado nos experimentos



Figura 4.10 Transporte de RSS no município de Ribeirão Preto

#### 4.3.8 Caracterização do Resíduo de Serviço de Saúde Utilizado

O RSS utilizado foi caracterizado separando-se dois quilos do resíduo bruto, distribuiu-se o RSS em recipiente plástico e realizou-se a separação manual em saco de plástico transparente em plástico fino, tecido/papel, plástico duro, látex, vidro e alumínio.

Pesou-se os materiais separados, conforme representado na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 Caracterização do resíduo de serviço de saúde utilizado para os experimentos

Materiais	%
Plástico fino	46,24
Tecido/papel	24,32
Plástico duro	22,47
Látex	4,26
Vidro	1,92
Alumínio	0,76
Outros	0,03

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos na realização do experimento chamado de branco para *E. coli* foram:

Massa de RSS utilizada: 1095g

Umidade inicial do RSS: 24,15%

Umidade final do RSS: 50%

Massa de água inicial: 174,31g

Massa de água adicionada ( $U_2$ ): 373,19g

UFC *E.coli* inicial: 10.000UFC/50mL

UFC *E.coli* final: 1ª placa – 4 UFC/mL

2ª placa – 3 UFC/mL

3ª placa – 1 UFC/mL

4ª placa – 3 UFC/ml

Somatória 4 placas – 9 UFC/mL

Média (9 : 4 = 2.25)

Cálculo:

$$M_{\text{água para imersão}} + M_{\text{água inicial}} + M_{\text{água adicionada}} = M_{\text{água total}} \quad (5.1)$$

$$3988\text{g} + 174,31\text{g} + 373,19 = 4535,5\text{g}$$

$$4535,5\text{g} : 0,997\text{g/mL} = 4549 \text{ mL}$$

$$4549 \text{ mL} \text{-----} x$$

$$4 \text{ mL} \text{-----} 2,25 \text{ UFC}$$

$$X = 10.235,25 \text{ UFC final}$$

O resultado possibilita verificar que o arraste por imersão do número de colônias inoculadas foi satisfatório, resultando no desvio de apenas 2,3%.

A Figura 5.1 mostra os resultados da temperatura no centro da massa de resíduo em função do tempo para as potências em relação às massas de 60, 80, e 100W/kg. É possível perceber o comportamento crescente da curva de temperatura em relação ao tempo de exposição do RSS. No entanto, os níveis de temperatura citados na literatura não foram atingidos, entre 98°C a 105°C (BARBOZA *et al.* 2001, MOORE, 1976).

O pré-tratamento realizado com o RSS modifica as características físicas do resíduo, o que possibilita o uso do processo de exposição às microondas. A penetração das microondas nos resíduos deve ser influenciada pelo volume e o tamanho da carga de resíduos durante o aquecimento do RSS.

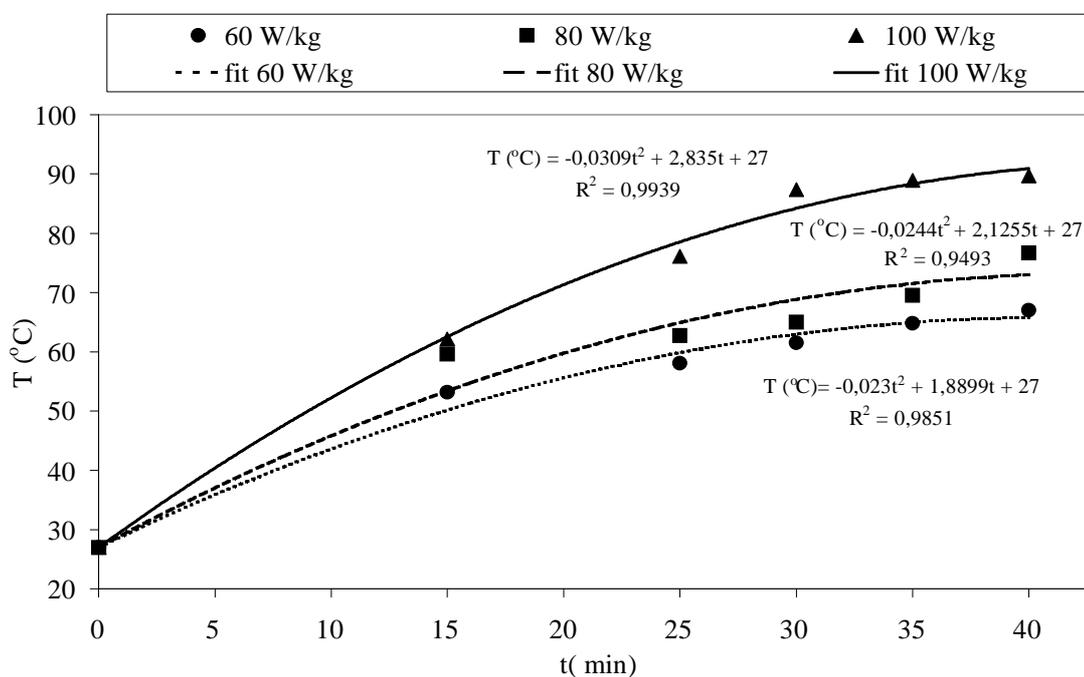


Figura 5.1 Temperatura no centro da massa de resíduo em função do tempo para as potências em relação às massas de 60, 80 e 100 W/kg

O ajuste dos pontos experimentais através de uma função do segundo grau se mostrou satisfatório para o intervalo estudado, pois resultou em coeficientes de correlação

próximos a 1,0. É importante destacar que as funções ajustadas não podem ser extrapoladas, pois podem resultar em temperaturas decrescentes em função do tempo quando os pontos de máximo das funções forem suplantados.

A Tabela 5.1 mostra os resultados experimentais obtidos para o número de microorganismos *E. coli* e do grau de inativação para as condições estudadas.

Tabela 5.1 Resultados experimentais obtidos para o número de microorganismos *E. coli* e do grau de inativação em função do tempo e da potência

P (W/kg)	t (min)	N (UFC)	X (%)
60	0	500000	0
	15	244083	51
	25	171019	66
	30	128822	74
	40	17884	96
80	0	500000	0
	15	169789	66
	25	69978	86
	30	48154	90
	40	10885	98
100	0	500000	0
	15	66752	87
	25	38668	92
	30	21291	96
	40	0	100

De posse do número de microorganismos para cada intervalo de tempo e das funções de temperatura ajustadas, foram determinados os valores de  $k_0$ ,  $Ea_1$ ,  $Ea_2$  e  $Ea_3$ , respectivamente para as potências de 60, 80 e 100W/kg, pelo método dos mínimos quadrados. No processo de minimização da somatória dos erros ao quadrado, o fator pré-exponencial foi admitido constante, analogamente às reações químicas, uma vez que o reagente (microorganismo) é único para as três potências.

A Figura 5.2 mostra os resultados experimentais e calculados pelo modelo de primeira ordem obtidos na inativação da *E. coli* em função do tempo para umidade no início de 50%.

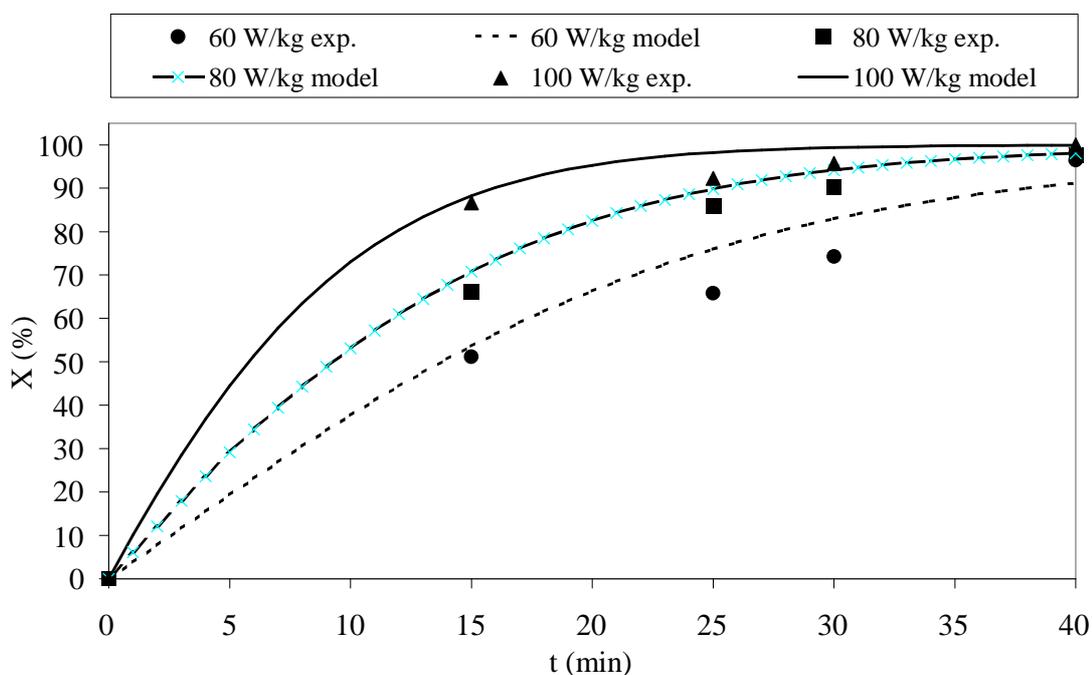


Figura 5.2 Fração de inativação da *E. coli* em função do tempo para umidade no início de 50%

As energias de ativação resultantes foram: 10071 J/mol para 60 W/kg, 8892 J/mol para 80 W/kg e 7594 J/mol para 100 W/kg. Portanto, as equações para o cálculo da constante de velocidade são:

$$k = 2,13 \text{ min}^{-1} \cdot \exp\left(\frac{-10071 \text{ J/mol}}{RT}\right) \quad (5.2)$$

para 60 W/kg.

$$k = 2,13 \text{ min}^{-1} \cdot \exp\left(\frac{-8892 \text{ J/mol}}{RT}\right) \quad (5.3)$$

para 80 W/kg.

$$k = 2,13 \text{ min}^{-1} \cdot \exp\left(\frac{-7594 \text{ J/mol}}{RT}\right) \quad (5.4)$$

para 100 W/kg.

O aumento da potência causou a diminuição da energia de ativação e aumento da temperatura do resíduo. Esses dois efeitos combinados, segundo a Lei de Arrhenius, implicam no aumento da constante de velocidade e na taxa de inativação dos microorganismos, que pode ser notado na Figura 5.2.

A Figura 5.3 mostra os resultados da energia de ativação para a desinfecção de resíduos de serviços de saúde com *E. coli* em função da potência para a umidade de 50% em massa.

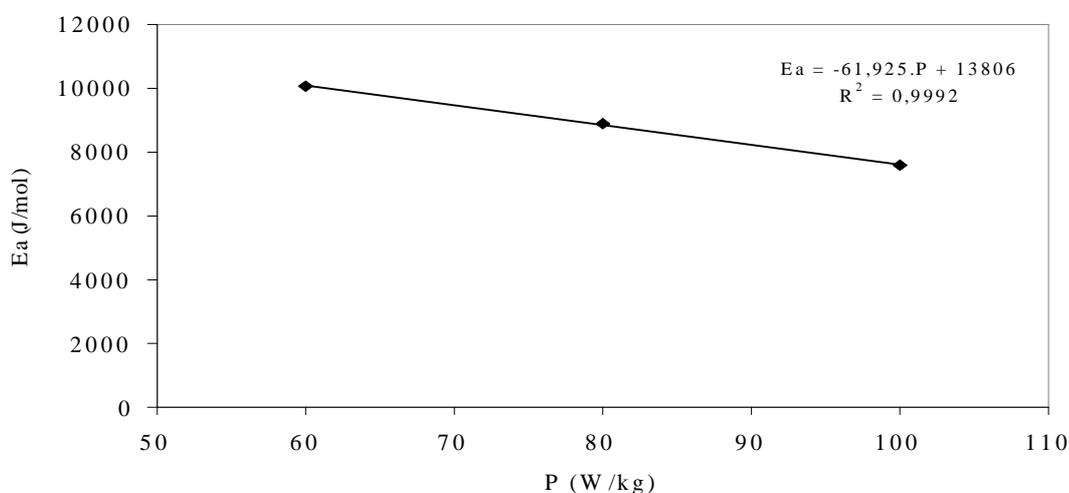


Figura 5.3 Energia de ativação para a desinfecção de resíduos de serviços de saúde com *E. coli* em função da potência para a umidade de 50% em massa

A energia de ativação obtida foi decrescente em relação à potência. A inativação do microorganismo *E. coli* é provocada preponderantemente pela dissipação de calor que por sua vez é o efeito resultante da radiação dielétrica de alta frequência. O efeito da potência na energia de ativação foi análogo ao de catalisadores em sistemas reacionais, em que o catalisador reduz a energia de ativação.

Nas cinéticas de primeira ordem, a taxa de inativação é proporcional ao número de microorganismos existentes, sendo assim a fração de inativação (grau de conversão) não é dependente do número de microorganismos no instante inicial.

A Tabela 5.2 mostra os resultados experimentais obtidos para o número de microorganismos *P. aeruginosa* e do grau de inativação em função do tempo e da potência.

Tabela 5.2 Resultados experimentais obtidos para o número de microorganismos *P. aeruginosa* e do grau de inativação em função do tempo e da potência

P (W/kg)	t (min)	N <sub>0</sub> (UFC)	N (UFC)	X (%)
60	0	26600400	26600400	0
	25	26600400	685700	97
	30	73890000	10560490	86
	35	50902000	5427000	89
	40	7183500	5371356	92
80	0	1980000	1980000	0
	25	1980000	429794	78
	30	10800000	2051139	81
	35	10800000	1945140	82
	40	1980000	117790	94
100	0	2180000	2180000	0
	25	2180000	434644	80
	30	10800000	1402294	87
	35	1980000	158276	92
	40	10800000	81117	99

A Figura 5.4 mostra a fração de inativação experimental do *P. aeruginosa* e calculada para as condições estudadas.

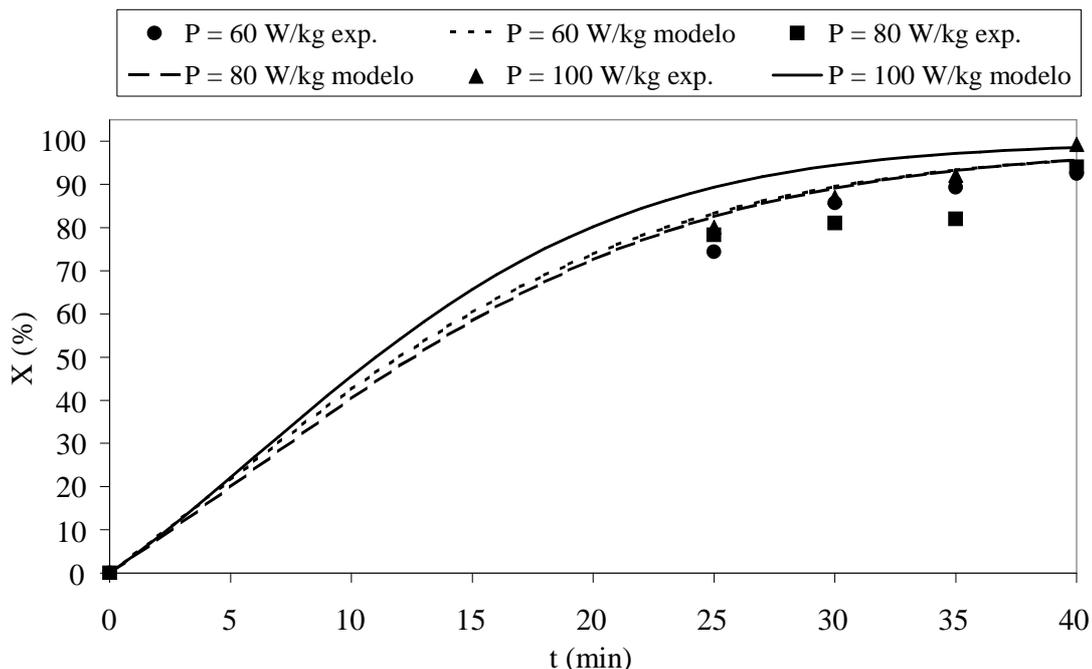


Figura 5.4 Fração de inativação da *P. aeruginosa* em função do tempo para umidade no início de 50%

Nota-se pela Figura 5.4 que o modelo de primeira ordem superestimou a fração de inativação quando comparado com os resultados experimentais. O modelo de Chick leva em consideração apenas o efeito térmico na inativação dos microorganismos. Os desvios percentuais obtidos estiveram na faixa de 3 a 12 % para 60 W/kg, de 2 a 14 % para 80 W/kg e de 1 a 12 % para 100 W/kg. Valores superiores ao obtido na validação da técnica de recuperação dos microorganismos por imersão em solução salina (2,3%). Este microorganismo é anaeróbico. A presença de oxigênio no interior do forno e dissolvido na água deveria contribuir para frações de inativação experimentais maiores que as previstas pelo modelo. A atividade metabólica do microorganismo parece indicar no sentido contrário e ocasionado uma diminuição no grau de inativação.

As energias de ativação resultantes foram: 13855 J/mol para 60 W/kg, 14136 J/mol para 80 W/kg e 13980 J/mol para 100 W/kg. Portanto, as equações para o cálculo da constante de velocidade são:

$$k = 10,7 \text{ min}^{-1} \cdot \exp\left(\frac{-13855 \text{ J/mol}}{RT}\right) \quad (5.5)$$

para 60 W/kg.

$$k = 10,7 \text{ min}^{-1} \cdot \exp\left(\frac{-14136 \text{ J/mol}}{RT}\right) \quad (5.6)$$

para 80 W/kg.

$$k = 10,7 \text{ min}^{-1} \cdot \exp\left(\frac{-13980 \text{ J/mol}}{RT}\right) \quad (5.7)$$

para 100 W/kg.

A Figura 5.5 mostra a energia de ativação para a desinfecção de resíduos de serviços de saúde com *P. aeruginosa* em função da potência para a umidade de 50% em massa.

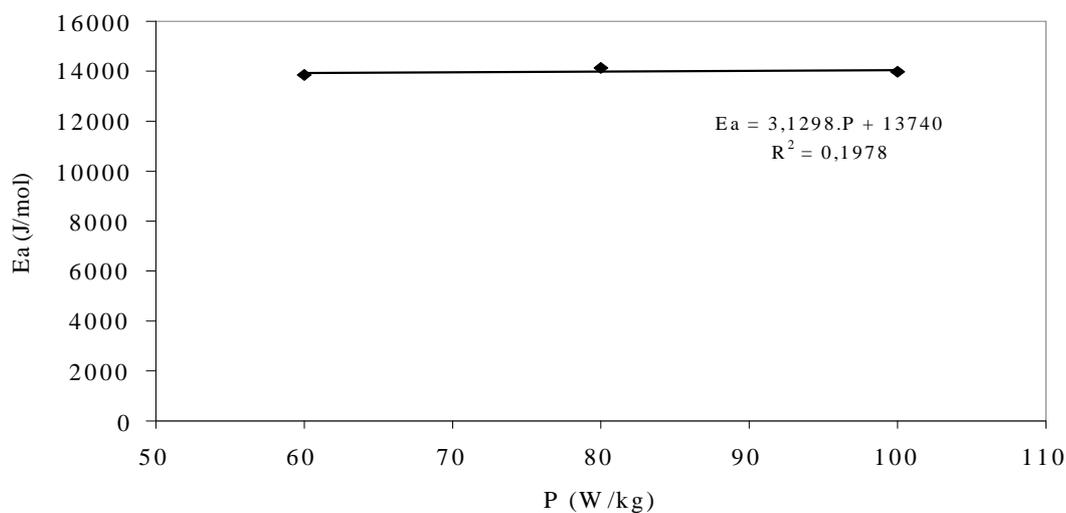


Figura 5.5 Energia de ativação para a desinfecção de resíduos de serviços de saúde com *P. aeruginosa* em função da potência para a umidade de 50% em massa

Os valores obtidos foram praticamente independentes da potência aplicada. Nota-se pelas Figuras 5.4 e 5.5 que o aumento da fração de inativação do *P. aeruginosa* é provocado preponderantemente pelo aumento da temperatura da massa de resíduos. O efeito do aumento na constante de velocidade não ocorre em função da redução da energia de ativação, fatores que permitem constatar uma menor sensibilidade do microorganismo ao processo de desinfecção por microondas, quando comparado com o *E. coli*. A Tabela 5.3 e a Figura 5.6 mostram o número de microorganismos e a fração de inativação do *S. aureus* em função do tempo para as condições estudadas.

Tabela 5.3 Resultados experimentais obtidos para o número de microorganismos *S. aureus* e do grau de inativação em função do tempo e da potência

P (W/kg)	t (min)	N <sub>0</sub> (UFC)	N <sub>1</sub> (UFC)	X (%)
60	0	43100000	43100000	0
	25	43100000	38232000	11
	30	4400000	36687397	16
	35	39000000	29000000	27
	40	38880000	24817701	36
80	0	53345628	53345628	0
	25	53184600	15618945	71
	30	12300000	3628523	70
	35	30780000	1863757	63
	40	30391200	8464487	72
100	0	51840000	5184000	0
	25	51840000	5570065	89
	30	51840000	9755575	81
	35	51840000	7665095	85
	40	50220000	5894028	88

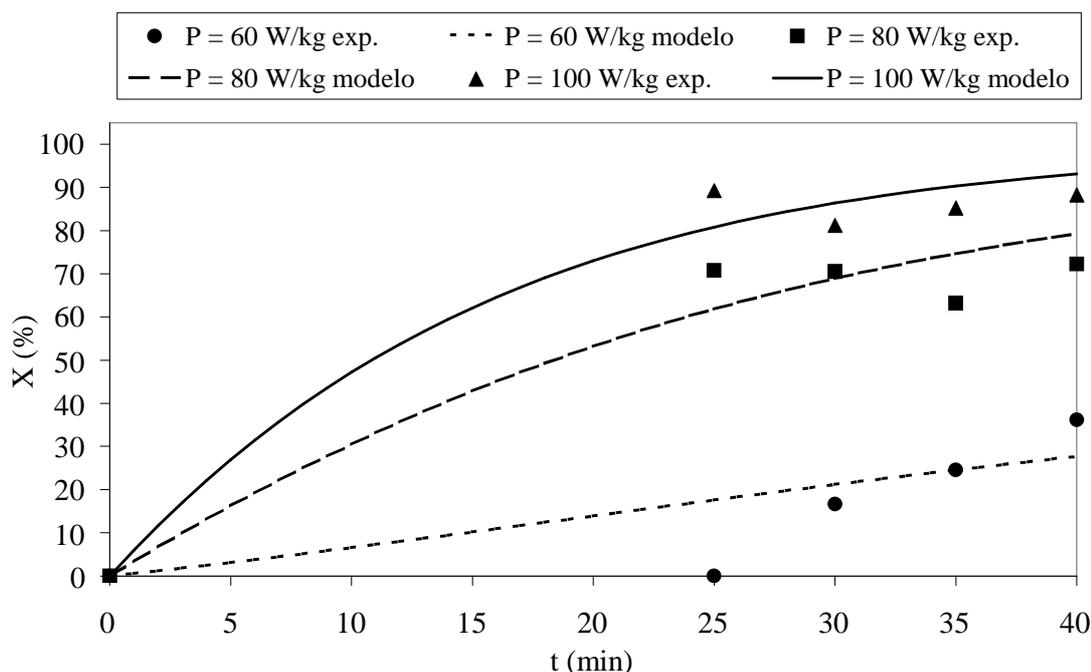


Figura 5.6 Fração de inativação do *S. aureus* em função do tempo para umidade no início de 50%

Nota-se pela Figura 5.6 que o modelo de primeira ordem não representa o processo de desinfecção para a potência de 60W/kg, uma vez que não houve inativação considerável para 25 min de exposição. O modelo prevê que para tempo superiores a zero deve ocorrer inativação, fato não constatado experimentalmente.

As frações de inativação obtidas na Tabela 5.3 e plotadas na Figura 5.6, inferiores a 89 %, permitem verificar que esse microorganismo é o mais resistente ao processo de tratamento quando comparado com os demais estudados.

As energias de ativação resultantes foram: 7080 J/mol para 60 W/kg, 2681 J/mol para 80 W/kg e 1214 J/mol para 100 W/kg. Portanto, as equações para o cálculo da constante de velocidade são:

$$k = 0,1 \text{ min}^{-1} \cdot \exp\left(\frac{-7080 \text{ J/mol}}{RT}\right) \quad (5.8)$$

para 60 W/kg.

$$k = 0,1 \text{ min}^{-1} \cdot \exp\left(\frac{-2681J / mol}{RT}\right) \quad (5.9)$$

para 80 W/kg.

$$k = 0,1 \text{ min}^{-1} \cdot \exp\left(\frac{-1214J / mol}{RT}\right) \quad (5.10)$$

para 100 W/kg.

A Figura 5.7 mostra a energia de ativação para a desinfecção de resíduos de serviços de saúde com *S. aureus* em função da potência para a umidade de 50% em massa, realizada em laboratório.

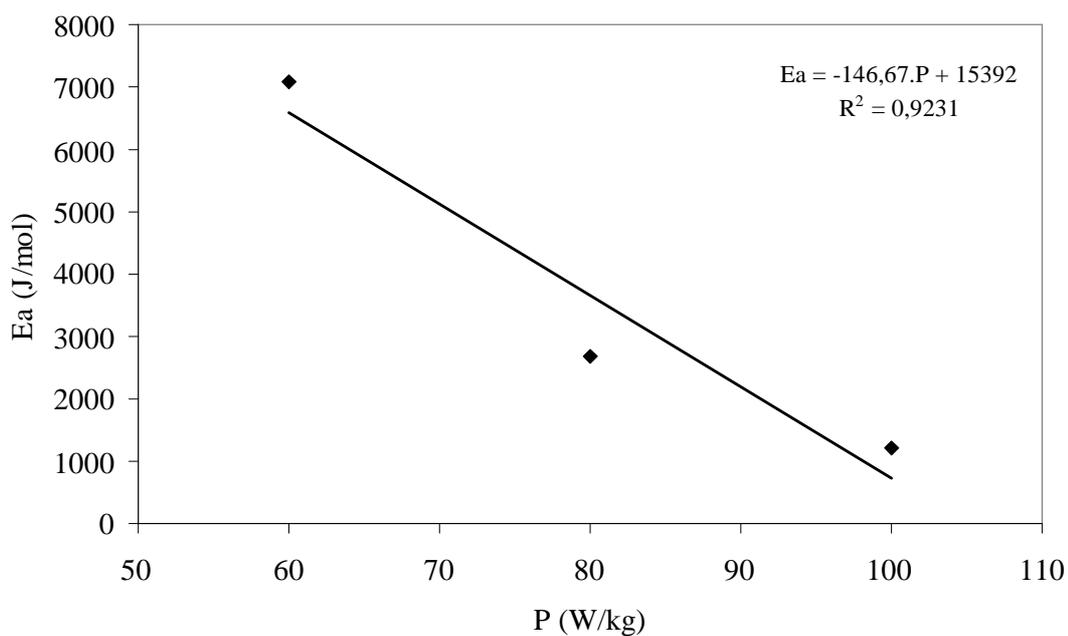


Figura 5.7 Energia de ativação para a desinfecção de resíduos de serviços de saúde com *S. aureus* em função da potência para a umidade de 50% em massa

O comportamento da energia de ativação presente na Figura 5.7, decrescente em relação à potência com inclinação superior à obtida na Figura 5.3, permite constatar que, apesar de mais resistente ao processo, ele é o mais sensível à elevação de potência por unidade de massa do resíduo.

As equações de previsão da constante cinética na forma da Lei de Arrhenius permitem avaliar a técnica de tratamento através da previsão do tempo de inativação necessários para se obter os níveis de desinfecção 4.Log 10 e 6.Log 10. Esses valores correspondem à entrada de 1.000.000 de microorganismos e à saída de 100 e 1 respectivamente, que expresso na forma de  $\ln(N_0/N)$  equivaleriam a 9,21 e 13,82. A literatura cita que a temperatura do processo em escala real é de aproximadamente 100°C. A simulação do processo de desinfecção à temperatura pela cinética de primeira ordem permite estimar os tempos necessários para se obter os níveis de inativação desejados. A Tabela 5.4 mostra os resultados obtidos para essa simulação.

Tabela 5.4 Resultados de simulação pelo modelo de primeira ordem para a previsão do tempo de inativação equivalente aos níveis de inativação 4.Log 10 e 6.Log 10 a 100°C

Nível de inativação	P (W/kg)	<i>E. coli</i>		<i>P. aeruginosa</i>		<i>S. aureus</i>	
		k (min <sup>-1</sup> )	t (min)	k (min <sup>-1</sup> )	t (min)	k (min <sup>-1</sup> )	t (min)
4.Log 10	60	0,083	111	0,123	75	0,010	903
6.Log 10	60	0,083	167	0,123	113	0,010	1355
4.Log 10	80	0,121	76	0,112	82	0,042	219
6.Log 10	80	0,121	114	0,112	123	0,042	328
4.Log 10	100	0,184	50	0,118	78	0,068	136
6.Log 10	100	0,184	75	0,118	117	0,068	204

Verifica-se pelos resultados da Tabela 5.4 que mesmo para a temperatura de 100°C os tempos calculados são bastante superiores aos recomendados pelo fabricante (aproximadamente 30 min). A ordem de grandeza obtida para o *S. aureus* sugere que essa técnica de inativação não é efetiva nas condições operacionais praticadas.

Os teste de desempenho do equipamento em escala real instalado em Ribeirão Preto são feitos através da utilização de 4 bastonetes hermeticamente fechados com suspensão de esporos do *B. subtilis*. Os frascos são introduzidos na massa de resíduo triturado e umidificado que são transportados através da câmara tubular que contém as fontes de geração de microondas. Ao final do processo, as amostras são recolhidas para análise em laboratório especializado.

É possível que os recipientes funcionem como vasos de pressão e confirmam maior grau de inativação que o equipamento de aquecimento dielétrico. Os tempos de inativação calculados na Tabela 5.4 permitem afirmar que esses testes de desempenho do equipamento em escala real devem ocorrer de forma a representar o real funcionamento do equipamento. Recomenda-se, portanto, que os procedimentos descritos no presente trabalho sejam utilizados em escala real.

## 6. CONCLUSÕES

O presente estudo permitiu concluir que:

- A fração de inativação dos microorganismos na forma vegetativa se mostrou bastante dependente do tempo e da potência por unidade de massa dos resíduos no tratamento do resíduo de serviço de saúde artificialmente contaminado com bactérias *E. coli*, *S. aureus* e *P. aeruginosa* pelo aquecimento dielétrico de alta frequência (microondas).
- As máximas frações de inativação experimentais de 100% para *E. coli*, 99% para *P. aeruginosa* e 88% para *S. aureus* foram obtidas para a potência de 100 W/kg e 40 min de processamento.
- O método proposto para a análise quantitativa dos ensaios de inativação foi adequado para o estudo, uma vez que os testes de recuperação dos microorganismos forneceram desvios de aproximadamente 2% para cada tipo de microorganismo.
- Os resultados obtidos para energia de ativação e do fator pré-exponencial da lei de Arrhenius foram consistentes, pois, de maneira geral, os desvios percentuais entre os valores experimentais e calculados pelo modelo cinético de primeira ordem foram aceitáveis, exceto para *S. aureus* a 60 W/kg em que o modelo de primeira ordem não foi adequado.
- Os tempos de desinfecção necessários para os níveis de inativação equivalentes a 4Log<sub>10</sub> e 6Log<sub>10</sub>, estimados entre 50 e 1355 min, recomendam que o procedimento descrito deve ser aplicado para a avaliação do desempenho do equipamento em escala real.

- A técnica de inativação de resíduos de serviços de saúde por microondas pode ser efetiva, desde que as condições operacionais sejam bem estabelecidas. Os parâmetros potência por unidade de massa de resíduo e tempo de processamento se mostraram fundamentais nessa definição.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKUTSU, J. & HAMADA, J. **Resíduos de serviços de saúde: Avaliação de Aspectos Quali-Quantitativos**. In. I Seminário Internacional sobre Resíduos sólidos Hospitalares. Cascavel, 1993.

ANDRADE. E. NAVARRO, P. RODRIGUES, J. *et.al.* **Evaluación bacteriológica de infecciones por Pseudomonas aeruginosa**. *Antibiot. infecc* 2002.10 (1): 29-32.

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS**. Resíduos de serviços de saúde Terminologia. NBR 12807. São Paulo, 1993.

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS**. Manuseio de resíduos de serviços de saúde – Procedimento. NBR 12809. São Paulo, 1993.

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS**. Coleta de resíduos de serviços de saúde – Procedimento. NBR 12810. São Paulo, 1993.

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS**. Símbolos de Risco e Manuseio para o Transporte e Armazenamento de Materiais – Identificação, simbologia. NBR 7500. São Paulo, 1987.

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS**. Sacos Plásticos para Acondicionamento de Lixo – Classificação. NBR 9190. São Paulo, 1993.

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.** Sacos Plásticos para Acondicionamento de Lixo – Especificação. NBR 9191. São Paulo, 1993.

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.** Sacos Plásticos para Acondicionamento de Lixo – Determinação da Resistência a Queda Livre. NBR 9195. São Paulo, 1993.

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.** Define e determina o transporte de resíduos – Terminologia. NBR 7501. São Paulo, 1993.

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.** Determina o preenchimento da ficha de emergência para o transporte de produtos perigosos. NBR 8285, 2000.

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.** Define emprego de sinalização nas unidades de transporte e de rótulos nas embalagens de produtos perigosos. NBR 8286, 2000.

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.** Define Conjunto de equipamentos para proteção individual para emergência e fuga no transporte de resíduos perigosos. NBR 9734, 2000.

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.** Conjunto de equipamentos para emergência no transporte de produtos perigosos. NBR 9735, 1999

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.** Resíduos sólidos – classificação. NBR 10.004. São Paulo, 2004.

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.** Procedimentos para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos. NBR 10.005. São Paulo, 2004.

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.** Procedimentos para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos. NBR 10.006. São Paulo, 2004.

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.** Amostragem de resíduos sólidos. NBR 10.007. São Paulo, 2004.

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.** Proteção de serviços de saúde. Terminologia NBR 12.710, 1998.

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.** Resíduos de serviços de saúde – terminologia NBR – 12.807, 1993.

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.** Resíduos de serviços de saúde – Classificação. NBR – 12.808, 1993.

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.** Resíduos de serviços de saúde – manuseio. NBR – 12.809, 1993.

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.** Resíduos de serviços de saúde – procedimentos na coleta. NBR – 12.810, 1993

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.** Instalação e fixação de extintores de incêndio para carga, no transporte rodoviário de produtos perigosos. NBR 13.095, 1998.

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.** Coletores para resíduos de serviços de saúde – perfuro cortantes. NBR 13.853.1997.

BARBOZA *et al.*, **Aquecimento em forno de microondas**/desenvolvimento de alguns conceitos fundamentais, Rev. Química Nova, vol. 24, nº 6, p. 901-904,2001.

BERTUSSI FILHO, L. A. **Lixo hospitalar: higiene ou matemática**, Controle de infecção. V.2, nº6, p.3-4, 1988.

BERTUSSI FILHO, L. A. **Curso de resíduos de serviços de saúde: Gerenciamento, Tratamento e Destinação Final**. Curitiba: ABES 1994.

BRACHT, M. J. **Disposição Final de Resíduos de Serviços de Saúde em Valas Sépticas.**

In: Seminário Internacional sobre Resíduos Sólidos Hospitalares, Cascavel, 1993.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Curso Básico de Controle de Infecção Hospitalar.** Caderno C – Métodos de Proteção Anti-infecciosa. Brasília, 2000, p. 103.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Manual de gerenciamento de resíduos de serviços de saúde /** Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. – Brasília : Ministério da Saúde, 2006, 182p.

BRASIL, **Saúde Ambiental e Gestão de Resíduos de Serviços de Saúde**/Ministério da Saúde. Brasília, 2002, p.280 – 281, 300-301.

BRITO, A, LANDAETA. J, ROLDÁN. Y, *et al.* **Resistencia da *Pseudomonas aeruginosa* a la gentamicina, tobramicina amikacina em Venezuela.** Revista de la Sociedad Venezoelana de Microbiologia. 2000. 20 (1):42-45.

BRUNNER, C.R.; BROWN, C.H. **Hospital waste disposal by incineration waste streams, technology, and state requirements.** JAPCA, v38, nº10, p.1297-309, 1988.

**CÂMARA MUNICIPAL DE RIBEIRÃO PRETO, LEI MUNICIPAL, 847/99 –** Regulamentada pelo decreto 405/99, dispõe sobre a coleta, transporte, tratamento e disposição final dos resíduos dos serviços de saúde. 1999.

**Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, CETESB – 12º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária Ambiental, 1983.**

COIMBRA, J.A. A, **O outro lado do meio ambiente**, São Paulo, CETESB, 1985.p.25-26.

**CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE** - Dispõe sobre os procedimentos mínimos para o gerenciamento de resíduos sólidos. Resolução nº5 de 05 de agosto de 1993.

**CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE**, Desobriga a incineração ou qualquer outro tratamento por queima. Resolução nº 6 de 19 de setembro de 1991.

**CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE**, Minuta de resolução nº1 de 25 de abril de 1991.

**CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE**, Tratamento e disposição final dos resíduos do serviço de saúde, resolução 283 de 12 de julho de 2001.

**CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE**, Tratamento e disposição final dos resíduos do serviço de saúde e dão providências... Resolução 358 de 29 de abril de 2005.

DOYLE, M. P., BEUCHAT, L. R., MONTVILLE, T. J., **Food Microbiology – Fundamentals and Frontiers**. 2<sup>nd</sup>. Ed ASM Press, Washington, DC, 2001.

EIGENHEER, *et al.*, **Lixo Hospitalar: Ficção ou Realidade Sanitária?** 1ª ed, Rio de Janeiro, 2002, p.116.

FAY, *et al.*, **Medical waste: the growing issues of management and disposal.** AORN J., v.51, nº6, 1990. p.1497-7.

FORANTINI, O.P., **Aspectos epidemiológicos ligados ao lixo.** In: Resíduos sólidos e limpeza. 1979.

FRANCO, B.D.G.M, LANDGRAF, M. **Microbiologia dos Alimentos**, Editora Atheneu, Rio de Janeiro, RJ, 1996.

[http://pt.wikipedia.org/wiki/Ribeir%C3%A3o\\_Preto](http://pt.wikipedia.org/wiki/Ribeir%C3%A3o_Preto), acessado em 12/08/2005.

GEANKOPLIS, C. J., **Transport Processes and Separation Process Principle.** fourth ed. Prentice Hall, New Jersey, USA, 2003.

**IBGE** – Instituto Brasileiro de Geografia Estatística, 2000, p.311, tabela 113.

**IBGE** – Instituto Brasileiro de Geografia Estatística, 2000.

JOFFRE, Á. F. **Gestión Avanzada de Resíduos Biosanitários**. Revista Todo Hospital/97 de junio de 1997.

Jornal **A cidade**, Ribeirão Preto, edição de 30/06/2005, Ano 100, número 150.p.5.

Jornal **GAZETA MERCANTIL**, Brasília, edição de 25 de março de 1999.

LEE.C.C , *et al.*, **Medical waste management the state of the art**. Envirom. Sci. Technol., v. 25, nº3, p.360-3, 1991.

LEVESPIEL, O, **Chemical Reactor Engineering**. third ed. John Wiley and Sons, New York, USA. 1999.

LIMA, M.Q. **O Tratamento do Lixo no Brasil**. 1º simpósio Paranaense sobre destino Final de Resíduos Sólidos urbanos, Curitiba, PR.1983.

LIMA, L.M.Q., **Lixo Tratamento e Biorremediação**, 3ª ed., revista e ampliada, São Paulo, Hemus, 1995.p.45-46.

MACHADO JR., M.C. *et al.* **Resíduos Hospitalares**. Trabalho apresentado ao III Congresso Brasileiro de Limpeza Pública e I Congresso Pan-Americano de Limpeza Publica. CETESB. São Paulo, 1978.

MACHADO, P.A.L., **Direito ambiental brasileiro**, 4<sup>a</sup> ed. São Paulo, Malheiros, 1992.p.66.

MARTINS. S. T., MOREIRA, M. FURTADO, G.H.C. *et al.* **Application of control measures for infections caused by multi-resistant gram-negative bacteria in intensive care unit patients.** Mem. Inst. Oswaldo Cruz. 2004.99(3): 331-334.

MONTEIRO, J.H.P. *et al.* **Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos.** Rio de Janeiro: IBAM,2001.p.200.

MOORE,W.J.,**Físico-Química**, Edgard Blücher Ltda, São Paulo, 1976.

MOTTA, F. S. & ORTH, M. H. A. **Resíduos Sólidos Hospitalares** - Legislação, Fontes e Destinação Final\_- Hosp. Adm. Saúde, São Paulo, 1988,p. 20-4, jan./mar.

NODA, R.; RÊGO, R. C. E. **Caracterização Preliminar de Resíduos Sólidos de Estabelecimentos Hospitalares.** In Seminário Internacional sobre Resíduos Sólidos Hospitalares, Cascavel. 1993.

PASCHOALATO, C.F.P.R., **Caracterização dos líquidos percolados gerados por disposição de lixo urbano em diferentes sistemas de aterramento.** dissertação (mestrado) Escola de Engenharia de São Carlos. 2000, p.5.

PELCZAR, Jr.; JOSEPH, M., **Microbiologia**, vol. 1, 2ª edição, 1996,p.191-205.

PEREIRA FILHO, E.R., **Sistemas mecanizados acoplados a forno de microondas para a mineralização em linha de amostra de interesse analítico: Determinação de ferro e cobalto**, Campinas, 1999, 105p, Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas.

PRADO, Alexandre G. S. **Green chemistry, the chemical challenges of the new millenium.** *Quím. Nova*, Sept./Oct. 2003, vol.26, no.5, p.738-744.

RESOLUÇÃO DA DIRETORIA COLEGIADA (RDC) nº 306 de 7 de dezembro de 2004, dispõe sobre o regulamento técnico para o gerenciamento dos RSS, classifica os Serviços de Saúde.

ROSINI, F., NASCENTES, C. C, NÓBREGA. J. A., **Experimentos Didáticos Envolvendo Radiação Microondas.** *Química Nova* 27, 2004, p. 1012-1015.

RUTALA *et al.* **Management of infectious Waste by us hospitals.** *JAMA*, v.262, nº12, p.1635-40, 1989.

SCHNEIDER, V.E. *et al*, **Manual de gerenciamento de resíduos sólidos em serviços de saúde**, 2ª ed.rev. e ampl, Caxias do Sul, RS: Educs, 2004, 319p.

SCHALCH *et al*. **Gerenciamento de resíduos de serviços de saúde**, São Carlos, SP. 2002, p. 27-28.

SILVA, C. H. P. M. **Bacteriologia**: um texto ilustrado/Carlos Henrique de Menezes e Silva. Teresópolis, RJ, Eventos, 1999. p. 121-134, 165-206.

TAKAYANAGUI, A. M. M. & CASAGRANDE, L. D. R. **O Estado da Arte do Gerenciamento dos Resíduos de Serviços de Saúde**: De Alguns Países do Primeiro Mundo ao Brasil de Hoje in Seminário Internacional sobre Resíduos Sólidos Hospitalares, Cascavel. 1993.p.6,18.

TAKAYANAGUI, A.M. M, **Trabalhadores de Saúde e meio Ambiente**: ação educativa do enfermeiro na conscientização para gerenciamento de resíduos sólidos. 1993. 179p. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto.

TRABULSI, L.R. *et al*, **Microbiologia**, 3ªed., São Paulo: Atheneu, 1986, p.91-93.

TRABULSI, L.R. *et al*, **Microbiologia**, 4ªed., São Paulo: Atheneu, 2004, p.90-103.

TRABULSI, L. R., ALBERTHUM, F., GOMPERTZ, O.F., CANDEIAS, J. A. N.  
**Microbiologia**. 3<sup>a</sup> ed. Editora Atheneu, Rio de Janeiro, RJ, 1999, p.149-156, 190,215-227.

**WORDL HEALTH ORGANIZATION**. Management waste from hospitals: and other  
health care establishments. Bergen, 1985. (Euro Reports and Studies, 97).