

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS  
DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA E SANEAMENTO  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

A incineração na gestão e gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde:  
Revisão e Estudo de caso

Aluna: Ana Carolina Ferrari dos Santos

Orientador: Prof. Dr. Marco Aurélio Soares de  
Castro

Monografia apresentada ao Curso de  
graduação em Engenharia Ambiental da Escola  
de Engenharia de São Carlos da Universidade  
de São Paulo.

São Carlos, SP

2016



AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO,  
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS  
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

S237a Santos, Ana Carolina Ferrari dos  
A incineração na gestão e gerenciamento de Resíduos  
de Serviços de Saúde: Revisão e Estudo de caso / Ana  
Carolina Ferrari dos Santos; orientador Marco Aurélio  
Soares de Castro. São Carlos, 2016.

Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) --  
Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de  
São Paulo, 2016.

1. Resíduos de serviços de saúde. 2. Tratamento  
térmico. 3. Incineração. I. Título.



# FOLHA DE JULGAMENTO

---

Candidato(a): **Ana Carolina Ferrari dos Santos**

Data da Defesa: 20/10/2016

Comissão Julgadora:

Resultado:

**Marco Aurélio Soares de Castro (Orientador(a))**

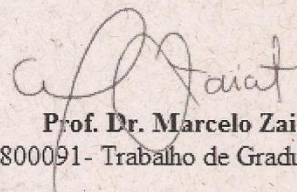
APROVADA

**André Luiz Gomes Simões**

APROVADA

**Érica Pugliesi**

APROVADA



**Prof. Dr. Marcelo Zaiat**  
Coordenador da Disciplina 1800091- Trabalho de Graduação



## Sumário

<b>SUMÁRIO .....</b>	<b>7</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>I</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>II</b>
<b>LISTA DE QUADROS .....</b>	<b>III</b>
<b>AGRADECIMENTOS.....</b>	<b>1</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>1</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>2</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>3</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>5</b>
<b>3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....</b>	<b>6</b>
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>7</b>
4.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	7
4.1.1 <i>Resíduos Sólidos.....</i>	7
4.1.2 <i>Resíduos de Serviços de Saúde .....</i>	11
4.1.3 <i>Classificação dos Resíduos de Serviços de Saúde .....</i>	12
4.1.4 <i>Gestão e Gerenciamento dos Resíduos de Serviços de Saúde.....</i>	15
4.1.5 <i>Tecnologias de tratamento de RSS .....</i>	21
4.1.6 <i>Incineração de resíduos de serviços de saúde .....</i>	25
4.1.7 <i>Impactos potenciais do processo de incineração .....</i>	28
4.1.8 <i>Gestão e gerenciamento de RSS em casos da bibliografia .....</i>	30
4.2 ESTUDO DE CASO.....	36
4.2.1 <i>Visita ao HAC .....</i>	39
4.2.2 <i>Visita à Central de Tratamento .....</i>	40
4.2.3 <i>Outras considerações.....</i>	45
<b>5. CONCLUSÕES.....</b>	<b>51</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>53</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>56</b>





## Lista de Figuras

Figura 1 – Classificação dos resíduos sólidos quanto à origem.....	8
Figura 2 – Hierarquia do gerenciamento dos resíduos sólidos .....	16
Figura 3 – Exemplo de autoclave utilizada no processo de tratamento de resíduos.....	24
Figura 4 – Esquema geral do tratamento com micro-ondas.....	24
Figura 5 – Esquema geral de um incinerador de leito fixo .....	26
Figura 6 – Esquema geral de um incinerador de leito móvel.....	27
Figura 7 – Esquema geral dos fornos rotativos .....	27
Figura 8 – Localização do Hospital Amaral Carvalho e da Central de Tratamento .....	41
Figura 9 – Fluxograma do tratamento dos RSS gerados pelo HAC na Central de Tratamento	43
Figura 10 - Latões utilizados para separação dos resíduos .....	46
Figura 11 - Armazenamento dos resíduos plásticos .....	46
Figura 12 - Armazenamento de papelão.....	46
Figura 13 - Papelão e papel branco já pesados .....	46
Figura 14 - Evolução da quantidade de resíduos recicláveis vendidos.....	47
Figura 15 - Evolução da arrecadação da sucata vendida .....	47

## **Lista de Tabelas**

Tabela 1 – Quantidade de resíduos gerados pela Santa Casa de São Carlos-SP, em 2007 .....	32
Tabela 2 – Geração dos RSS em um hospital de referência oncológica no município de Vitória-ES .....	35
Tabela 3 – Características do tratamento dos RSS em Ribeirão Preto .....	36
Tabela 4 – Procedimentos realizados pelo Hospital Amaral Carvalho no ano de 2015, conforme suas áreas .....	37
Tabela 5 – Número de leitos do HAC .....	38
Tabela 6 – Valor de investimento para a construção da Central de Tratamento de Resíduos do HAC.....	44
Tabela 7 – Custos de operação da Central de Tratamento de Resíduos do HAC.....	44
Tabela 8 – Quantidade de resíduos gerada no HAC por mês, dia e por leitos.....	48
Tabela 9 – Geração de RSS nos estudos considerados .....	48
Tabela 10 – Procedimentos por setor e suas porcentagens correspondentes.....	49
Tabela 11 – Formas de tratamento dos RSS nos estudos considerados .....	50

## **Lista de Quadros**

Quadro 1 – Padrões de emissão da incineração segundo a norma brasileira .....	29
---	----



*Dedico este trabalho a todos os meus colegas de curso, que assim como eu, esperam fazer a diferença para o desenvolvimento de nosso país.*



Even if you're on the right track, you'll get run over if you just sit there

*Will Rogers*





## Agradecimentos

Primeiramente, agradeço ao meu orientador, Marco, por todo o suporte durante o trabalho, e por me orientar tão bem, mesmo sendo sua primeira “orientada” (de muitos que virão).

Agradeço também a minha família, em especial meu pai (Du), minha mãe (Caia) e meu irmão (Dudu), por sempre serem aqueles que me fazem enfrentar meus maiores medos, e me apoiam em qualquer decisão, sendo o meu porto seguro, sempre.

À minha segunda família: meus amigos! Sem vocês esses anos não seriam tão proveitosos e inesquecíveis. Para os amigos de São Carlos - Lost, Nina, Nati, Isa, Paula, Má, Aninha, Paty, João e Tha - fica a saudade de poder viver mais 7 anos com vocês, com provas, trabalhos, muito choro e muito riso, porque no fim tudo valeu a pena! Para as amigas de Jaú - Mônica, Gabi, Cris e Ná - um muito obrigado por aguentarem tantas crises de adolescente, e de graduação, sempre me ajudando a ver o lado bom das coisas.

Aos meus colegas de graduação, pois esses anos não seriam os mesmos sem a amb010 ao meu lado. Muito sucesso à nós!

Aos funcionários do Hospital Amaral Carvalho – Aline Ometto e Tony Padim – pelas informações fornecidas e por me acolherem tão bem.

E por fim, agradeço as pessoas incríveis que conheci na SHS Consultoria, em especial Larissa e Paloma, por todo o apoio durante essa jornada final da graduação. Vocês contribuíram muito para meu crescimento pessoal e profissional!



## Resumo

Os Resíduos de Serviços de Saúde (RSS) vêm sendo gerados em quantidades crescentes ao longo do tempo, tornando-se cada vez mais um problema para os hospitais, notadamente grandes geradores. Este fato torna necessário definir alternativas de destinação para tais resíduos, dentre elas a incineração, e ao mesmo tempo promover a adequada separação de resíduos, de modo a reduzir ou virtualmente eliminar a destinação incorreta. No presente estudo, foi realizada uma revisão de estudos da literatura relacionados com o tema, buscando valores de geração e principalmente, de formas de tratamento dos resíduos em hospitais de grande porte do país. Posteriormente, um estudo de caso foi realizado num hospital do interior paulista, analisando-se a geração e gerenciamento dos RSS na unidade, bem como a forma de tratamento, no caso a incineração. Dentre os valores obtidos para o estudo de caso, identificou-se uma geração mensal de cerca de 25 toneladas, o que, para um total de 273 leitos, resulta em uma taxa de aproximadamente 3 kg/leito.dia. Estes valores encontram-se próximos aos valores encontrados na literatura, que variaram de 0,6 kg/leito.dia em um hospital com 87 leitos) a 4,8 kg/leito.dia, em um hospital com 182 leitos. Com base em trabalhos anteriores, obteve-se uma média do custo do tratamento térmico para o hospital de R\$ 1,05/kg de resíduo gerado, mais baixos que os demais hospitais analisados. Isto pode ser explicado pelo fato de que a Central de Tratamento é de uso exclusivo do hospital, por conta de sua capacidade de tratamento, de cerca de 2 toneladas por dia, se ambas câmaras de queima funcionarem a plena capacidade. Além disso, foram levantados os problemas enfrentados no gerenciamento dos RSS dentro das unidades de saúde: a segregação incorreta na fonte geradora dentro dos setores das unidades, o que aumenta os custos do tratamento, além de impossibilitar processos como a reutilização e reciclagem dos resíduos do Grupo D. Por fim, percebe-se a importância da segregação correta dos RSS dentro das unidades de saúde: além de gerar benefícios ambientais, a mesma pode gerar benefícios econômicos. Assim, é de essencial importância que a gestão e o gerenciamento andem juntos para obter os melhores resultados diante dos problemas enfrentados.

**Palavras-chave:** Resíduos de Serviços de Saúde, tratamento térmico, incineração.

## Abstract

Healthcare waste generation has been increasing through the years, becoming a big issue for the hospitals, which are the biggest generators. Thus, it is necessary to find alternatives for waste destination, including the incineration, and promote their correct segregation, pursuing the waste reduction at the source or at least stop incorrect waste destination. The work reported here is based in a review of studies presented in the literature that involves healthcare wastes, focused on generation values and technologies for waste treatment on big hospitals in Brazil. After, a study case was conducted in a hospital located in the state of São Paulo state, where waste generation and management were evaluated, as well as the treatment strategy, incineration. The study revealed a monthly generation of healthcare waste of 2 ton/month, and dividing that by number of hospitals beds (273), one obtains a rate of 3 kg per bed per day. The rate found is very similar to values presented in the literature, which range from 0,6 kg per bed per day (in a hospital with 87 beds), to 4,6 kg per bed per day (in a hospital with 182 beds). Based on data from previous studies conducted on the same hospital, the cost of healthcare waste treatment was obtained: R\$ 1,05 per kilo treated, lower than other values found in literature. That can be explained because the hospital has its own Treatment Central, as opposed to all the other studied hospitals. Besides that, the main difficulties faced by healthcare waste managers are shown. One of them is the wrong separation of the waste generated in the health units, which increased the value of its treatment, and makes it impossible to reuse or recycle any fraction. To summarise, the correct separation of healthcare wastes - and a proper waste management in the health unit as a whole - is extremely important for the health units: it generates environmental and economic benefits.

**Key words:** Healthcare wastes, waste treatment, incineration.

## 1. Introdução

O tema resíduos sólidos vêm ganhando força nos últimos anos no Brasil, conforme as estratégias de gestão e gerenciamento foram se aprimorando e se tornando mais aplicáveis nos contextos das cidades. Além disso, a fiscalização contra sua disposição incorreta no ambiente foi crescendo, especialmente após o estabelecimento da Lei de Crimes Ambientais, em 1998, fazendo com que os responsáveis por ações prejudiciais ao meio ambiente e à saúde pública sejam punidos por seus atos.

A disposição incorreta dos resíduos sólidos no meio ambiente, sejam eles de qualquer natureza, pode causar diversos tipos de impactos, como a contaminação dos solos, da água e do ar. Especialmente, a disposição incorreta daqueles classificados como perigosos pode causar ainda mais graves problemas para saúde pública, como ocorrido em Goiânia, com o Césio-137, em 1987, causado pela disposição incorreta de rejeito radioativo gerado por uma clínica de radiologia (um estabelecimento de saúde) do município.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) – Lei Federal nº 12.305 de 2010 – tramitou por quase 20 anos no Congresso até finalmente ser publicada. Ela apresenta desde as definições dos possíveis resíduos a serem gerados, até as formas de gestão e gerenciamento, sendo estas de extrema importância para toda a população brasileira, e em específico, para os gestores, sejam eles públicos, como as Prefeituras, ou privados, como indústrias, hospitais, entre outros.

Em específico, o estado de São Paulo apresentou sua Política Estadual de Resíduos Sólidos antes da Nacional, no ano de 2006. Dos conceitos ali apresentados, alguns foram modificados na ótica da PNRS, porém, a mesma ainda foi um marco de essencial importância para o panorama estadual de resíduos sólidos.

Os resíduos de serviços de saúde (RSS) são conhecidos há muito tempo, porém só ganharam uma definição precisa após a regulamentação da PNRS no Brasil. Anteriormente, a definição dos resíduos perigosos foi feita na ABNT NBR 10.004 de 2004, onde são apresentadas diferentes classes de resíduos: perigosos, não perigosos, inertes e não-inertes. Em 2004 também, foi apresentada a classificação dos RSS na Resolução da Diretoria Colegiada da ANVISA nº 306. Já a norma ABNT NBR 12.208, foi atualizada em 2016, apresenta os cinco grupos já apresentados na RDC nº 306, sendo eles:

- Grupo A: resíduos biológicos.

- Grupo B: resíduos químicos.
- Grupo C: resíduos radioativos.
- Grupo D: similares aos domiciliares.
- Grupo E: perfurocortantes e escarificantes.

Dentre os conceitos apresentados na PNRS, os de maior relevância para este trabalho em particular são a gestão e gerenciamento dos resíduos. Dentro destes, apresenta-se a hierarquia de gestão, que prioriza a não geração, a redução, a reutilização, a reciclagem, o tratamento e somente quando não há mais alternativas, a disposição final. Para os RSS, alguns fatores da hierarquia são mais executáveis que outros, como por exemplo, a redução na geração de resíduos contaminados, fazendo a segregação correta entre os grupos de resíduos. Outros ficam mais inviáveis, como a reciclagem dos resíduos perigosos, a não ser os do Grupo D, como papel, papelão e outros produtos de fácil reciclagem, que não tenham entrado em contato com os resíduos contaminados.

Existem diversas alternativas de tratamento aplicáveis aos RSS, e o presente trabalho tem como foco especificamente uma das formas de tratamento físico: a incineração. Segundo dados da ABRELPE, em 2014, a incineração foi responsável pelo tratamento de 44,5% dos RSS coletados no país, seguido de outras formas de tratamento e disposição final. Os aterros, lixões e valas sépticas vêm em segundo lugar, com 31,1%. A autoclave vem em terceiro lugar com 21,9%, e por fim, o tratamento com micro-ondas com 2,5%. A grande porcentagem de resíduos tratados pela incineração pode ser justificada pela diversidade de resíduos que o mesmo pode tratar: do Grupo A, B e E, inativando os patógenos e reduzindo a matéria orgânica presente nos mesmos.

## **2. Objetivos**

O objetivo principal do trabalho é analisar o processo de incineração no contexto da gestão e gerenciamento dos resíduos de serviços de saúde.

De modo a atingir o objetivo principal, foram definidos os seguintes objetivos secundários:

- Realizar revisão bibliográfica para obtenção de dados acerca da geração e do tratamento de RSS em hospitais do país.
- Conduzir estudo de caso em hospital do interior paulista bem como na planta de incineração à qual são destinados RSS ali gerados, comparando os resultados com os dos hospitais identificados na revisão.

### **3. Procedimentos metodológicos**

Para atingir os objetivos definidos, o trabalho foi realizado em duas partes. Foi conduzida uma revisão bibliográfica em livros, artigos, teses e manuais, focando em conceitos básicos sobre resíduos sólidos, resíduos de serviços de saúde (RSS), a gestão e o gerenciamento dentro de uma unidade de saúde, e o tratamento de RSS através da incineração. Foram também pesquisados estudos realizados em hospitais no país, de modo a obter dados, sobretudo quantitativos acerca da quantidade de RSS gerada e, posteriormente, tratada via incineração.

A seguir, foi planejado e conduzido um estudo de caso em um hospital de grande porte do interior do Estado de São Paulo, bem como na central que recebe os RSS nele gerados, que onde ocorre o processo de incineração. Para o estudo, foram elaboradas questões sobre os RSS gerados na unidade, que são apresentadas no Apêndice 1. Estas questões foram baseadas em questionários aplicados nos estudos vistos na revisão bibliográfica, e em legislações, como a PNRS; o questionário aplicado na visita à Central de Tratamento é apresentado no



Apêndice 2. Ambos foram enviados previamente aos cuidados da responsável pelo Setor de Meio Ambiente do hospital.

A partir das respostas fornecidas pelos funcionários, foram obtidos dados relativos à geração dos RSS na unidade, além de características de gestão e gerenciamento, bem como de problemas enfrentados dentro do hospital.

## **4. Resultados e discussões**

### **4.1 Revisão Bibliográfica**

#### **4.1.1 Resíduos Sólidos**

No Brasil, as políticas relacionadas aos resíduos sólidos vêm ganhando força nas últimas décadas. Em 2001, foi instaurada a Comissão Especial da Política Nacional de Resíduos, que tinha como objetivo averiguar o Projeto de Lei nº 203, de 1991, que dispunha sobre o acondicionamento, coleta, tratamento, transporte e destinação dos resíduos de serviços de saúde. A partir dessa comissão, foi desenvolvida uma nova política, desta vez englobando todos resíduos sólidos. Assim, em 3 de agosto de 2010, a Lei Federal nº 12.305, a Política Nacional dos Resíduos Sólidos, foi publicada. Seu decreto regulamentador (Decreto nº 7.404) foi publicado no Diário Oficial da União, instituindo a Política Nacional de Resíduos Sólidos, e também criando o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e Comitê Orientador para Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, além de outras providências.

#### *A Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS)*

A PNRS introduz os princípios, objetivos e instrumentos relacionados aos resíduos sólidos, e também dá as diretrizes em relação à gestão integrada e gerenciamento dos mesmos, dando as responsabilidades dos geradores e os instrumentos econômicos aplicáveis (BRASIL, 2010). A lei inclui os resíduos perigosos, apenas excluindo os radioativos, que tem sua própria regulamentação. Além do que é introduzido na PNRS, deve-se considerar, em relação aos resíduos sólidos, o estabelecido nas Leis nº 11.445 (Política Nacional de Saneamento Básico), de 2007, nº 9.974, de 2000 (relacionada aos agrotóxicos) e nº 9.966, de 2000 (relacionada aos óleos). Em adição, existem normas do Sistema Nacional do Meio Ambiente (Sisnama), do Sistema Nacional de Vigilância Sanitária (SNVS), do Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária (Suasa) e do Sistema Nacional de Meteorologia, Normalização e Qualidade Industrial (Sinmetro).

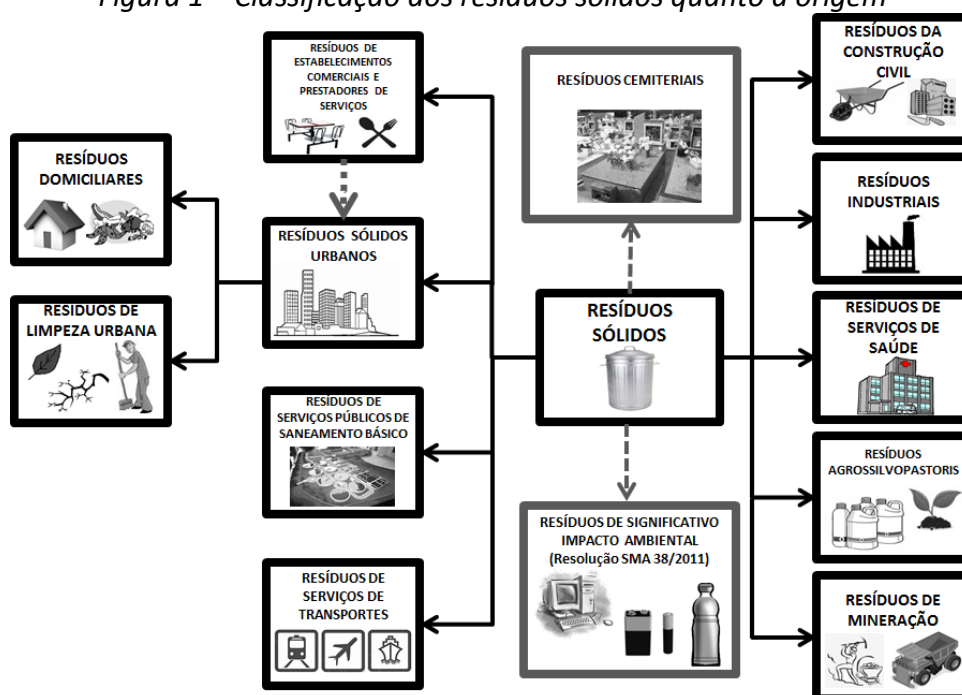
Em seu Artigo 3º, são mostradas algumas definições relacionadas aos resíduos sólidos, como acordo setorial, coleta seletiva, controle social, destinação e disposição final ambientalmente adequada, geradores de resíduos sólidos, gerenciamento e gestão integrada de resíduos sólidos, entre outros. Os princípios e objetivos são indicados nos Artigos 6º e 7º,

respectivamente. No Artigo 8º, os instrumentos da política são dados, e no Artigo 13, é dada a classificação dos resíduos sólidos (BRASIL, 2010).

Seguindo a classificação apresentada, temos dois tipos: quanto à origem ou quanto à periculosidade. Em relação à origem, os resíduos são definidos por sua fonte de geração, como resíduos domiciliares, resíduos de limpeza urbana, resíduos sólidos urbanos, resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços, resíduos dos serviços públicos de saneamento básico, resíduos industriais, resíduos de serviços de saúde, resíduos da construção civil, resíduos agrossilvopastoris, resíduos do serviço de transportes e resíduos de mineração (BRASIL, 2010).

Essa classificação não é exaustiva, uma vez que alguns tipos de resíduo não são mencionados no texto da lei, caso dos resíduos cemiteriais ou mencionados brevemente, como os resíduos de equipamentos eletroeletrônicos e óleos lubrificantes, entre outros, que já são alvo de dispositivos em nível estadual, como a resolução nº 45/2015, da Secretaria do Meio Ambiente (SMA) do estado de São Paulo. A Figura 1 apresenta um esquema da classificação dos resíduos sólidos quanto à sua origem, segundo a Lei Federal nº 12.305/10, acrescida pelos tipos mencionados.

*Figura 1 – Classificação dos resíduos sólidos quanto à origem*



Fonte: SCHALCH et al (2015).

A outra classificação dos resíduos sólidos é quanto à sua periculosidade, dividindo os resíduos entre perigosos e não perigosos. Os perigosos são definidos como “aqueles que, em

razão de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade, apresentam significativo risco à saúde pública ou à qualidade ambiental, de acordo com lei, regulamento ou norma técnica” (BRASIL, 2010). Os não perigosos são aqueles que não se enquadram nessa categoria.

Os planos de resíduos sólidos são definidos também pela PNRS, em seu Artigo 14. São considerados planos de resíduos sólidos o Plano Nacional de Resíduos Sólidos, os planos estaduais, os planos microrregionais e de regiões metropolitanas ou aglomeração urbanas, os planos intermunicipais, os planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos (PMGIRS) e os planos de gerenciamento de resíduos sólidos. Nos Artigos seguintes, são definidos os conteúdos mínimos de cada plano em específico.

A Política também insere a diferença entre os conceitos de gestão e gerenciamento de resíduos sólidos. A gestão é caracterizada como

*“conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável”. (BRASIL, 2010)*

Já o gerenciamento é o

*“conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos”. (BRASIL, 2010)*

Assim, pode-se ver que o gerenciamento é a aplicação da gestão dentro de um ambiente no qual os planos de gestão e gerenciamento são aplicados.

#### *A Política Estadual dos Resíduos Sólidos (PERS)*

O estado de São Paulo também possui sua própria política relacionada aos resíduos sólidos, definida pela Lei Estadual nº 12.300, de 16 de março de 2006. Como pode ser visto, a Política Estadual de Resíduos Sólidos (PERS) é anterior à PNRS, sendo uma das primeiras políticas estaduais do país. As duas políticas são bem similares, e a PERS apresenta seus princípios em seu Artigo 2º. Em seu Artigo 3º, são mostrados os sete objetivos da mesma, que

são mais específicos do que os da PNRS, por considerarem um contexto mais próximo dos municípios. Além disso, a Política Estadual apresenta, em seu inciso VI, o conceito de cooperação intermunicipal, e a busca de soluções consorciadas e soluções conjuntas para os municípios.

A PERS também apresenta seus instrumentos no Artigo 4º. Dois se relacionam com gerenciamento dos resíduos sólidos: o inciso II – “Planos Estadual e Regionais de Gerenciamento dos Resíduos Sólidos” – e o inciso III – “Planos dos Geradores”. A classificação dos resíduos sólidos apresentada pela política estadual é apresentada no Artigo 6º, e aqui eles se dividem em: resíduos urbanos, resíduos industriais, resíduos de serviço de saúde, resíduos de atividades rurais, resíduos provenientes de portos e resíduos da construção civil. Muitos se enquadram nos abrangidos na PNRS, como os resíduos do serviço de saúde (RSS) e os resíduos da construção civil (RCC), os industriais, entre outros.

Em relação à gestão, a PERS define tanto a gestão compartilhada quanto a gestão integrada de resíduos sólidos. A primeira insere a participação de setores da sociedade na concepção, implementação e gerenciamento dos sistemas de resíduos, buscando o desenvolvimento sustentável. A gestão integrada envolve uma participação de diferentes áreas do governo responsáveis (no âmbito municipal e estadual) para a concepção, implementação e administração dos resíduos sólidos.

Além disso, a Política define em seu artigo 13, que a gestão dos resíduos sólidos urbanos será feita pelos Municípios, de forma integrada e regionalizada. Em seu artigo 48, a PERS apresenta que os geradores de resíduos são responsáveis pela gestão do mesmo, equiparando ao gerador o município que se responsabiliza pela coleta, tratamento e disposição final dos resíduos urbanos.

O artigo 49 apresenta a responsabilidade da execução das medidas corretivas caso haja alguma ocorrência de resíduos que coloquem em risco o meio ambiente e a saúde pública. Assim, os geradores de “resíduos de qualquer origem ou natureza e seus sucessores respondem pelos danos ambientais, efetivos ou potenciais”.

A Política apresenta que é função do Poder Público a promoção da gestão integrada e compartilhada dos resíduos sólidos, “apoando a concepção, implementação e gerenciamento dos sistemas de resíduos sólidos com participação social e sustentabilidade”. Além disso, seu primeiro instrumento é o planejamento integrado e compartilhado do gerenciamento dos

resíduos sólidos, seguido dos Planos Estaduais e Regionais de Gerenciamento de Resíduos Sólidos.

No artigo 14, são mostradas as formas proibidas de destinação e utilização dos resíduos sólidos. Para os resíduos de serviço de saúde, não se pode enviá-los para a disposição final em aterros sem antes os mesmos terem passado por um tratamento específico que neutralize a periculosidade. A Política não especifica quais dos RSS devem ser passados por tratamento antes da disposição final, porém, de todos os grupos destes, os resíduos radioativos e os semelhantes aos domiciliares não requerem tratamento prévio.

O Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos é definido no artigo 19, sendo este um “documento obrigatoriamente integrante do processo de licenciamento das atividades e deve contemplar os aspectos referentes à geração, segregação, acondicionamento, armazenamento, coleta, transporte, tratamento e disposição final, bem como a eliminação dos riscos, a proteção à saúde e ao ambiente”.

A Política também define as áreas onde as unidades de tratamento dos RSS poderão ser alocadas (artigo 54). Essas regiões devem ter uma legislação que permita o uso e ocupação para indústrias ou estarem em áreas que já foram licenciadas para receberem resíduos.

#### 4.1.2 Resíduos de Serviços de Saúde

Segundo a PNRS, os resíduos de serviço de saúde são aqueles

*“gerados nos serviços de saúde, conforme definido em regulamento ou em normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama e do SNVS” (BRASIL, 2010)*

Dentre as Normas Brasileiras (NBR), da Associação Brasileira das Normas Técnicas (ABNT), temos a NBR 10.004: “Resíduos sólidos – Classificação”, de 2004. Nela, são descritos os processos de classificação dos resíduos, laudo de classificação e classificação dos mesmos. Também são apresentados os métodos de ensaio para os resíduos sólidos. Os anexos mostram alguns tipos específicos de resíduos e suas diversas fontes (Anexos A até Anexo E), além de apresentarem alguns parâmetros para o ensaio de lixiviação, de solubilização e codificações de resíduos não perigosos.

A NBR 10.004:2004 classifica os resíduos como:

- Resíduos classe I – Perigosos.
- Resíduos classe II – Não perigosos.

- Resíduos classe II A – Não inertes.
- Resíduos classe II B – Inertes.

Os resíduos da classe I – Perigosos, são aqueles que apresentam características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade. Os resíduos classe II - Não perigosos, são definidos no anexo H, e como exemplo podem ser citados os resíduos de restaurante, de papel e papelão, borracha, entre outros.

Como resíduo da classe II A - Não perigosos e não inertes, temos aqueles que não se enquadram nos resíduos perigosos e nos inertes. Os resíduos inertes são aqueles que não possuem nenhum constituinte solubilizado a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor. Os limites máximos são definidos pelo Anexo G da norma. Os resíduos classe II B – Não perigosos e inertes são aqueles que não se enquadram na classificação anterior.

A norma NBR 10.004:2004 vem acompanhada das normas NBR 10.005:2004 – Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos, NBR 10006:2004 – Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos NBR 10007:2004 – Amostragem de resíduos sólidos. As normas são de essencial aplicação para que seja feita a caracterização correta dos resíduos dentre a classificação apresentada anteriormente.

#### 4.1.3 Classificação dos Resíduos de Serviços de Saúde

Os RSS foram classificados primeiramente pela NBR 12.208, atualizada em abril de 2016. A primeira versão da norma, de janeiro de 1993, norma considerava três classes de resíduos:

- os infectantes (classe A) eram separados em seis tipos: biológico; sangue e hemoderivados; cirúrgico, anatomopatológico<sup>1</sup> e exsudato<sup>2</sup>; perfurante ou cortante; animal contaminado; e assistência ao paciente;
- os resíduos especiais (classe B) eram classificados em radioativo, farmacêutico e químico perigoso;
- os resíduos da classe C assemelhavam-se resíduos domiciliares, não se enquadrando nas Classes A e B, nem sendo classificados em subtipos.

---

<sup>1</sup> resíduo resultante de biópsias.

<sup>2</sup> apresenta alto teor de proteínas séricas e leucócitos, produzido como reação a danos nos tecidos e vasos sanguíneos.

Em sua revisão, ocorrida em 2016, a norma passou a apresentar a seguinte classificação:

- **Biológico:**
  - microbiológico;
  - sangue, hemoderivados, e líquidos corpóreos;
  - assistência ao paciente (recipientes e materiais resultantes de procedimentos e kits arteriais, venosos e de diálise);
  - cirúrgico, obstétrico e anatomopatológico;
  - resíduos de animais;
- **Químico:**
  - produtos e reagentes para diagnose;
  - reagentes para laboratório;
  - resíduos contendo metais pesados;
  - resíduos de saneantes, desinfetantes e desinfetantes;
  - efluentes de equipamentos automatizados utilizados em análises clínicas;
  - efluentes de processadores de imagem;
  - resíduos de medicamento e cosméticos com base farmacoterapêutica;
  - outros resíduos de substâncias e produtos químicos gerados na assistência à saúde.
- **Rejeito radioativo;**
  - qualquer material resultante de atividades humanas, que contenha radionuclídeos em quantidades superiores aos limites de isenção.
- **Perfurante e cortante:**
  - materiais utilizados na assistência à saúde, capazes de causar lesões por corte, escarificação ou punctura (podem apresentar riscos associados – biológicos, químicos e radiológicos).
- **Comum ou sem risco à saúde pública:**
  - resíduos que não apresentem risco biológico, químico, radiológicos ou perfurocortantes.

Essa classificação se assemelha a apresentada na Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 306, de 2004, elaborada pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Em



seu Apêndice I, são apresentados cinco grupos (A, B, C, D e E). Os resíduos do Grupo A são definidos, no geral, como “resíduos com a possível presença de agentes biológicos que, por suas características, podem apresentar risco de infecção”.

Dentro do Grupo, os resíduos se dividem em cinco subgrupos, A1, A2, A3, A4 e A5. Os resíduos do Grupo A1 são caracterizados pelas culturas e estoques de microrganismos de produtos biológicos, exceto aqueles que são hemoderivados; aqueles gerados pela vacinação com microrganismos vivos ou atenuados, e também os que passaram da data de validade; aqueles que podem estar contaminados biologicamente por agentes Classe de Risco 4; e bolsas de transfusão que contenham sangue ou hemocomponentes que foram rejeitadas por contaminação, ou estão fora da data de validade.

O Grupo A2 é composto por carcaças, peças anatômicas e vísceras de animais que passaram por experimentos com inoculação de microrganismos, e cadáveres de animais que possam estar contaminados com patógenos de relevância epidemiológica. Já o Grupo A3 é composto por peças anatômicas ou membros de seres humanos, ou fetos sem sinais vitais, com peso menor que 500 gramas, menores que 25 centímetros ou com idade gestacional menor que 20 semanas.

Já o Grupo A4 apresenta os resíduos compostos por linhas arteriais, endovenosas e de diálise, filtros de ar utilizados, recipientes com fezes, urinas, secreções, entre outros. Nesse grupo também se incluem as peças anatômicas (órgãos) que foram obtidas através de procedimentos cirúrgicos. Por fim, o Grupo A5 são os órgãos, tecidos, fluidos orgânicos, perfurocortantes e escarificantes que possam estar contaminados com príons.

O Grupo B é composto por resíduos químicos que possam causar danos ao meio ambiente e à saúde pública, por conta de suas características inflamáveis, tóxicas, corrosivas e reativas. O Grupo C abrange os resíduos que contém radionuclídeos em quantidades além do que é isentada de normas pela CNEN e onde a reutilização não é prevista ou imprópria. O Grupo D compreende os resíduos que podem ser comparados aos resíduos domiciliares, não apresentando nenhum risco químico, biológico ou radiológico. Por fim, o Grupo E é composto pelos materiais perfurocortantes ou escarificantes.

Essa mesma classificação dos resíduos é apresentada na Resolução CONAMA nº 358, de abril de 2005, que “dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências”. Além disso, a CONAMA nº 358 apresenta, em seu Art. 3º, que a responsabilidade de gerenciamento e gestão dos RSS são dos geradores dos mesmos, e

de seu representante legal. No Art. 4º, a Resolução apresenta que os geradores devem elaborar e implementar o Plano de Gerenciamento dos Resíduos de Serviços de Saúde (PGRSS).

Além disso, a Resolução CONAMA nº 358 apresenta as características de tratamento requeridas para cada grupo de resíduos. Como exemplo, pode-se citar que os resíduos do grupo A1 devem ser tratados em equipamentos que “promova redução de carga microbiana compatível com nível III de inativação microbiana e devem ser encaminhados para aterro sanitário licenciado ou local devidamente licenciado para disposição final de resíduos dos serviços de saúde” (BRASIL, 2005).

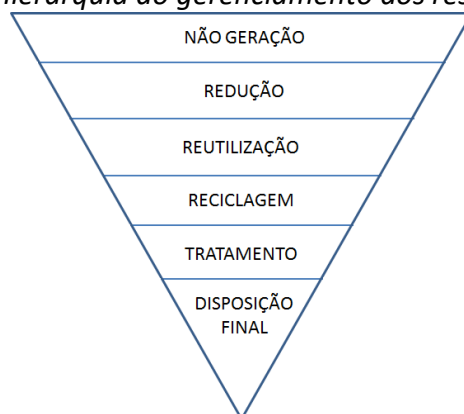
Além da NBR 12.808, as normas NBR 12.807, 12.809 e 12.810 também foram atualizadas recentemente. A ABNT NBR 12.807, “Resíduos de serviços de saúde — Terminologia” e a NBR 12.809, “Resíduos de serviços de saúde — Gerenciamento de resíduos de serviços de saúde intraestabelecimento”, foram publicadas em 2013. Já a 12.210, “Resíduos de serviços de saúde — Gerenciamento extraestabelecimento — Requisitos”, foi inicialmente editada em 1993, e atualizada em 2016.

#### 4.1.4 Gestão e Gerenciamento dos Resíduos de Serviços de Saúde

Na PNRS, apresenta-se, em seu art. 9º, a ordem de prioridade a ser seguida em relação a gestão e gerenciamento de resíduos, em ordem decrescente de preferência: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. A hierarquia pode ser melhor visualizada na

Figura 2, a seguir.

*Figura 2 – Hierarquia do gerenciamento dos resíduos sólidos*



Fonte: adaptado pela autora a partir de Brasil (2010).

Essa hierarquia pode ser aplicada a diversos tipos de resíduos, de diferentes naturezas. Porém, para os resíduos de serviços de saúde, existem dificuldades em sua aplicabilidade no gerenciamento destes. Por exemplo, vemos que a não geração dos RSS é de difícil execução, já que a maioria dos resíduos são gerados conforme as demandas de procedimentos das unidades de saúde geradoras. A reutilização dos resíduos gerados também fica restrita por conta de uma provável contaminação dos mesmos com patógenos.

A reciclagem dos RSS pode acontecer para os resíduos do Grupo D, aqueles que se assemelham aos domiciliares. Porém, vale ressaltar que estes não podem entrar em contato com nenhum outro grupo dos resíduos de serviços de saúde gerados. Assim, a segregação correta desses resíduos é fundamental, para entre outros aspectos, reduzir o volume e massa de resíduos a serem tratados para posterior disposição em aterro, e, portanto, reduzir os custos associados a estes processos.

Algumas ações, apresentadas a seguir, podem ser feitas para minimização da quantidade de RSS que serão enviados para tratamento e/ou disposição final ambientalmente correta.

### *Segregação*

A segregação na fonte é de extrema importância para que as etapas seguintes do gerenciamento possam ocorrer com maior funcionalidade. O processo está diretamente ligado à educação ambiental e aos hábitos dos funcionários que lidam com os resíduos. Para que tenha maior eficiência, a segregação deve ocorrer na fonte, isto é, quando o mesmo é gerado, e por quem é gerado (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006). Além disso, é necessária a

conscientização dos funcionários que trabalham diretamente com esse tipo de resíduo, já que são eles os responsáveis por descartar corretamente os resíduos gerados.

Esse processo resulta na redução do volume que é enviado para tratamento, reduzindo também a incidência de acidentes que ocorrem com os resíduos. Cada tipo de resíduo deve ser acondicionado em recipientes corretos para que possam ser tratados e/ou destinados corretamente.

O manual de Gerenciamento dos Resíduos de Serviço de Saúde da ANVISA (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006) ainda aponta as seguintes vantagens de se realizar a segregação na fonte: redução dos riscos para a saúde dos funcionários e para o meio ambiente, diminuição nos custos de tratamento dos resíduos, já que aqueles que são similares aos resíduos domiciliares podem ser destinados à reciclagem, e com isso, aumentando-se a quantidade de resíduos que são enviados para esse processo.

#### *Acondicionamento*

Segundo o manual de Gerenciamento dos Resíduos de Serviço de Saúde, da ANVISA (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006), o acondicionamento é definido pelo “ato de embalar os resíduos segregados, em sacos ou recipientes”. No geral, os recipientes de acondicionamento devem ser compatíveis com o tipo de resíduo e sua geração, além de serem compostos de materiais resistentes, que não se rompam ou vazem e impermeáveis.

Para cada grupo de resíduo, há um tipo de recipiente específico. Como exemplos, citam-se os resíduos líquidos, que devem ser acondicionados em recipientes rígidos e estanques, com tampa de rosca e vedados, e os resíduos do Grupo E (perfurocortante e escarificante), que devem ser armazenados em recipiente “rígido, estanque, resistente à punctura, ruptura e vazamento, impermeável, com tampa, contendo a simbologia de risco” (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006).

#### *Coleta e transporte*

A coleta e o transporte podem ser tanto interna quanto externa. Abaixo, apresentam-se as diferenças entre eles.

### Interna

A coleta e o transporte interno dos RSS consistem no “translado dos resíduos dos pontos de geração até local destinado ao armazenamento temporário ou armazenamento externo” para que este possa ser coletado (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006).

A principal recomendação para esses processos é a criação de um roteiro específico, previamente definido, para que não coincidam com os horários de chegada de alimentação, roupas limpas, visitas e outras atividades comuns dos geradores dos RSS. Outro fator de extrema importância é a quantidade de resíduos gerados, para que o local de acondicionamento temporário seja do tamanho correto para abrigar os resíduos até que estes sejam encaminhados para o tratamento ou destinação final ambientalmente adequada (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006).

Além disso, o manual também recomenda que os veículos que façam o transporte dos RSS sejam feitos de material rígido, que possa ser lavável, não permeáveis, e possuam tampa. Também devem ser identificados com o símbolo do risco que o resíduo proporciona. Em relação aos resíduos radioativos, além do previamente apresentado, o veículo de transporte deve ser provido com um sistema de blindagem, com uma tampa para acomodação desse tipo de resíduo (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006).

### Externa

A coleta e o transporte externos dos RSS são caracterizados pela “remoção dos RSS do abrigo de resíduos (armazenamento externo) até a unidade de tratamento ou disposição final” (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006). Assim, é necessário que haja total segurança na coleta e transporte dos mesmos para que não haja problemas em relação aos funcionários que manuseiam os RSS.

Para o transporte externo dos resíduos, podem-se utilizar diferentes tipos de veículos, que variam com a quantidade de resíduo que é gerada pelo estabelecimento. Podem ser desde carros adaptados para o transporte, quanto um caminhão especializado, para maiores quantidades. Após realizar o transporte dos RSS, o veículo deve ser lavado em local específico, utilizando jatos de água. O veículo também deve passar por desinfecção simultaneamente (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006).

### *Armazenamento*

Serão apresentados dois tipos de armazenamento: temporário e externo. Suas descrições podem ser vistas a seguir.

#### Temporário

O armazenamento temporário é caracterizado pela guarda temporária dos recipientes onde os resíduos foram acondicionados, próximo ao seu local de coleta, se houver necessidade de armazenamento antes da coleta externa. Se o volume gerado e/ou a periodicidade da coleta externa for suficiente, não há necessidade do armazenamento temporário dos resíduos (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006).

#### Externo

Segundo a ANVISA (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006), o armazenamento externo é caracterizado pelo “acondicionamento dos resíduos em abrigo, em recipientes coletores adequados, em ambiente exclusivo e com acesso facilitado para os veículos coletores, no aguardo da realização da etapa de coleta externa”.

### *Tratamento*

Por conta de sua periculosidade, os RSS necessitam ser tratados antes de serem dispostos. Os tratamentos podem ser tanto físicos, quando há uma mudança nas características dos resíduos, ou químicos, quando um composto químico é adicionado para inativar os patógenos presentes. Segundo Tchobanoglous et al (1977), para os resíduos perigosos, os métodos mais utilizados de tratamento são os físicos, químicos e térmicos, sendo que o tratamento biológico não é muito recomendado por conta de sua sensibilidade. As tecnologias para tratamento de RSS serão discutidas em detalhes no item 4.1.5.

#### *Disposição final ambientalmente adequada*

A Lei nº 12.305/2010 define a disposição final ambientalmente adequada como “distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando normas operacionais específicas a modo de evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos”. Segundo o Panorama da ABRELPE, de 2014, 31,1% dos RSS coletados pelos municípios no ano de 2014 foram destinados para aterros, valas sépticas e lixões, em comparação à 44,5% que foram enviados para incineração, 21,9% para autoclave e 2,5% para micro-ondas.

Dentre as formas de disposição final, pode-se destacar os aterros sanitários, aterros controlados, lixões e valas sépticas. Os lixões são caracterizados como uma forma inadequada de disposição final dos resíduos, já que não há nenhum controle do descarte que acontece no local. Suas desvantagens incluem: exposição dos resíduos à céu aberto, gerando odores e proliferando vetores de doenças, a possível contaminação do solo e do lençol freático, já que não requer a impermeabilização do solo, ausência de coletor de chorume e de gases gerados, que também causam contaminação, e a desvalorização das áreas ao redor do lixão (SCHALCH et al, 2015).

Ainda segundo Schalch et al (2015), o aterro controlado é um método mais aceitável para a disposição final dos resíduos. Era definido pela norma ABNT NBR nº 8.849 de 1985, como “técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos ou risco à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos”. A norma foi cancelada no ano de 2015, e não houve uma atualização.

O aterro controlado é uma adaptação dos lixões: faz-se a cobertura dos resíduos para minimização dos impactos ambientais. Mesmo assim, existem diversas desvantagens, como apresentado por Schalch et al (2015): confinamento dos resíduos, presença de vetores, necessidade de áreas grandes, por não haver compactação dos resíduos que serão dispostos, desvalorização imobiliária das áreas ao redor do aterro, ausência de impermeabilização do solo e a não existência de tratamento para o chorume e para os gases.

Outra forma de disposição final de resíduos sólidos é o aterro sanitário. Segundo Bidone & Povinelli (1999), o aterro sanitário segue critérios de engenharia e também normas operacionais específicas, fazendo com que este método seja uma opção segura para a disposição final dos resíduos sólidos. É regulamentado pela Norma ABNT NBR 13.896 de 1997, que prevê os critérios de projeto, implantação e operação do mesmo. Para sua construção, é necessária a obtenção das licenças prévias, de instalação e operação, através do licenciamento ambiental, conforme apresentado pela Resolução CONAMA nº 237 de 1997.

Dentro das vantagens da execução de um aterro sanitário, tem-se que não há a proliferação de vetores, a impermeabilização do solo, evitando a contaminação do mesmo e do lençol freático, a compactação dos resíduos, reduzindo-se a área necessária, a coleta do chorume gerado, enviando-o para tratamento, assim como a coleta dos gases. Ainda como



vantagem, apresenta-se a possibilidade de recuperação de energia do gás metano que é liberado na decomposição da matéria orgânica (Bidone & Povinelli, 2010).

Como desvantagens, podem-se apresentar as longas distâncias que devem ser percorridas pelo caminhão coletor, já que o aterro deve-se localizar em áreas afastadas do perímetro urbano, além das características geológicas do local que podem não ser favoráveis. Além disso, segundo Schalch et al (2015), o solo pode demorar um longo período de tempo para se estabilizar.

#### 4.1.5 Tecnologias de tratamento de RSS

##### *Tratamento químico*

O tratamento químico se baseia na utilização de um agente que tem a capacidade de destruir os agentes patogênicos presentes nos resíduos do serviço de saúde. Para haver uma maior eficiência no processo de tratamento químico, os resíduos passam por um processo de trituração, aumentando assim a área de contato dos pequenos pedaços com o agente químico (PICHTEL, 2005).

Existem diferentes produtos químicos que podem ser utilizados no processo do tratamento químico dos resíduos. Cada um possui uma eficiência diferente em relação ao tipo de contaminante presente na amostra. Eles podem ser esporicida, esterilizante, virucida, fungicida, bactericida e germicida (PICHTEL, 2005).

Os produtos químicos que mais são utilizados são: dióxido de cloro, hipoclorito de sódio e ácido peracético. Cada um possui suas vantagens e desvantagens, que variam conforme a capacidade do composto de agir sobre um determinado tipo de patogênico. Como exemplo, temos que o hipoclorito de sódio é um bactericida, virucida e fungicida, mas ao mesmo tempo é corrosivo e para agir sobre os esporos, necessita de um grande tempo de exposição (PICHTEL, 2005).

Dentre os patogênicos que podem estar presentes na amostra, há uma certa hierarquia na resistência dos mesmos em relação ao tratamento químico. Os mais resistentes são os esporos bacterianos, seguido dos vírus, fungos vegetais, esporos fungicos, e bactérias vegetais. Cada um requer um tipo de produto químico e um tempo de exposição ao mesmo (PICHTEL, 2005).

Em relação aos aspectos operacionais do tratamento químico, Pichtel (2005) levanta que a efetividade do tratamento depende das características dos desinfetantes, da

concentração dos agentes contaminantes, do tipo de microrganismo presente na amostra, do grau de contaminação, das características do resíduo e do tempo de contato do resíduo com o produto químico.

A vantagem mais clara do tratamento químico dos resíduos é a redução do volume que será levado para a destinação final ambientalmente adequada. Porém, o processo possui algumas desvantagens marcantes, como não ser capaz de prover a esterilização total do resíduo, poder criar resistência dos microrganismos para alguns dos compostos químicos utilizados, e os altos custos de implantação e de operação (PICHTEL, 2005).

### *Tratamento físico*

O tratamento físico de resíduos sólidos tem por objetivos a redução do volume de resíduos gerados, além como a inativação de agentes patogênicos que podem causar danos ao meio ambiente e à saúde pública. Os métodos de tratamento físico estão diretamente ligados ao tratamento térmico dos resíduos.

Os métodos desse tipo de tratamento aplicáveis aos RSS são basicamente a autoclave, micro-ondas e a incineração, que será descrita em maiores detalhes mais adiante por se tratar do foco do presente trabalho.

#### Autoclave

A utilização da autoclave, ou também conhecida como esterilização a vapor, depende de três fatores para atingir o melhor funcionamento: umidade, calor e pressão. Além disso, é um processo de tratamento de resíduos que pode ser utilizado tanto *in situ*, se a geração do estabelecimento for compatível, quanto afastado da unidade geradora, para maiores quantidades geradas. Dos grupos dos RSS, os químicos, radioativos e alguns específicos do grupo A, como carcaças de animais, partes de corpos humanos e órgãos não devem ser tratados através do processo em questão. Também não se recomenda o tratamento dos resíduos semelhantes aos domiciliares (PICHTEL, 2005).

O processo da esterilização a vapor se inicia em uma câmara selada, onde o resíduo é exposto a um vapor pressurizado, que possui uma temperatura específica. O resíduo então é exposto a esse vapor por um determinado período de tempo, para que possa ocorrer a inativação dos patógenos que estão presentes no mesmo. A temperatura ideal para operação da autoclave é em torno de 132°C, não devendo atingir menos de 121°C (PICHTEL, 2005).

Ainda segundo o autor, a autoclave possui alguns aspectos em sua operação que precisam de atenção. Um desses aspectos é a relação entre temperatura e pressão ideais para o tempo de operação. Além disso, é necessário que todo o ar seja removido da câmara e de dentro dos recipientes dos resíduos. O tamanho da carga de resíduo também afeta a eficiência do processo. Em adição, a composição dos resíduos, além de suas embalagens, pode fazer com que o ar não penetre por inteiro nos resíduos, não gerando total inativação dos patógenos.

O processo de esterilização a vácuo tem inúmeras vantagens, como ser a melhor opção para resíduos provenientes de laboratórios (culturas, vidraria e tecidos biológicos). Além disso, não gera uma preocupação da população que se encontra próximo a fonte geradora, e não requer tanto espaço físico quanto os incineradores. Possui um custo operacional reduzido, e também possui uma operação fácil, no caso da portátil (instalada *in situ*).

Porém, para os sistemas maiores, como as autoclaves industriais, é necessária a realização do licenciamento ambiental, requerido pelos órgãos de fiscalização estaduais (no caso de São Paulo, a CETESB). Já a autoclave que é instalada *in situ* geralmente é utilizada como pré-tratamento para os resíduos, e não como um tratamento final, antes da disposição ambientalmente correta dos mesmos.

Como desvantagens, temos que o tratamento se restringe a alguns grupos de resíduos, não podendo tratar peças anatômicas, por exemplo. Outra desvantagem é que o processo não reduz o volume dos resíduos que serão destinados posteriormente. Em relação ao processo, alguns tipos de embalagens, recipientes grandes demais e um carregamento incorreto podem gerar problemas em eficácia da remoção dos patógenos. Além disso, o processo de esterilização não faz modificações visíveis nos resíduos, o que pode causar dúvidas se o mesmo foi ou não limpo. Assim, sugere-se a fragmentação dos resíduos após o processo, para que seja possível diferencia-lo do que ainda não foi esterilizado.

Na

Figura 3 apresenta-se um exemplo de autoclave utilizada no tratamento dos RSS.

*Figura 3 – Exemplo de autoclave utilizada no processo de tratamento de resíduos*



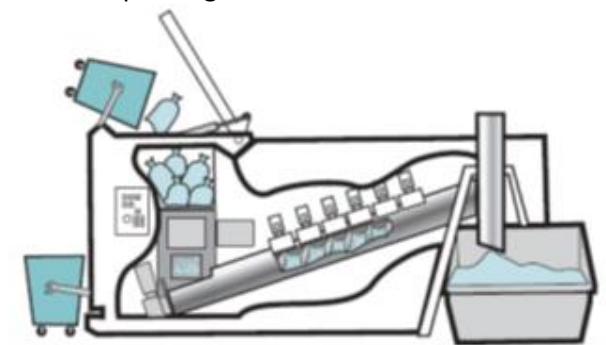
Fonte: VHR Equipamentos (2016).

### Micro-ondas

O tratamento com micro-ondas se baseia no método da inativação dos patógenos presentes nos RSS através das radiações emitidas pelo aparelho. Segundo Pichtel (2005), a melhor frequência para radiação é a de 2.450 MHz, expondo o resíduo por 2 horas. Além disso, o tratamento dos resíduos é relativamente novo, que fornece uma melhoria no processo de esterilização comparado com métodos que surgiram anteriormente (MARTIN et al, 2005).

Esse tipo de tratamento tem uma grande abrangência dentro dos resíduos do serviço de saúde, porém, não trata aqueles que possuem características radioativas e citotóxicas. Além destes, as micro-ondas não conseguem tratar peças anatômicas, carcaças de animais e órgãos (PICHTEL, 2005). O processo de micro-ondas tem uma maior eficiência de remoção dos microrganismos presentes no RSS, em comparação com outros sistemas que trabalham com o aquecimento dos resíduos. Além disso, o processo de micro-ondas não apresenta custo tão elevado, comparado com outros métodos de esterilização baseados em ondas (MARTIN et al, 2005). Um esquema desse tipo de tratamento pode ser visto na Figura 4 a seguir.

Figura 4 – Esquema geral do tratamento com micro-ondas



Fonte: Monteiro et al (2001).

Jones et al (2002) apresenta algumas das vantagens do tratamento através de micro-ondas para os resíduos, no geral. São elas:

- redução do volume de resíduos;
- aquecimento rápido;
- grande reatividade com compostos químicos;
- possibilidade de tratamento *in situ*;
- fácil controle do processo;
- consumo reduzido de energia;
- fonte de energia mais limpa do que outros sistemas de tratamento de resíduos

convencionais, entre outros.

Assim, mostra-se que os processos de micro-ondas possuem inúmeras vantagens, assim como o de autoclave, citado previamente. No Brasil, é utilizado para o tratamento dos RSS, como será apresentado posteriormente nos estudos pesquisados sobre gestão e gerenciamento dos RSS.

#### 4.1.6 Incineração de resíduos de serviços de saúde

A incineração é definida como um processo de queima controlada dos resíduos, requerendo a presença de oxigênio em excesso, para que haja a decomposição das matérias carbonáceas. Segundo o manual “Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos” (MONTEIRO et al, 2001), é necessário de 10 a 25% de excesso de oxigênio para o processo.

O incinerador é caracterizado por realizar a queima controlada de resíduos de qualquer natureza: líquidos, sólidos ou gasosos. Seu processo é chamado de controlado por conta de possuir condições ideais de funcionamento, como sua temperatura. Assim, pode trabalhar com eficiência ideal para destruição dos contaminantes presentes nos RSS (PICHTEL, 2005).

Uma importante característica do incinerador é a redução do volume dos resíduos que foram destinados à queima. A quantidade de resíduos pode diminuir até 90% em massa, dependendo da composição dos RSS que são submetidos ao processo (PICHTEL, 2005).

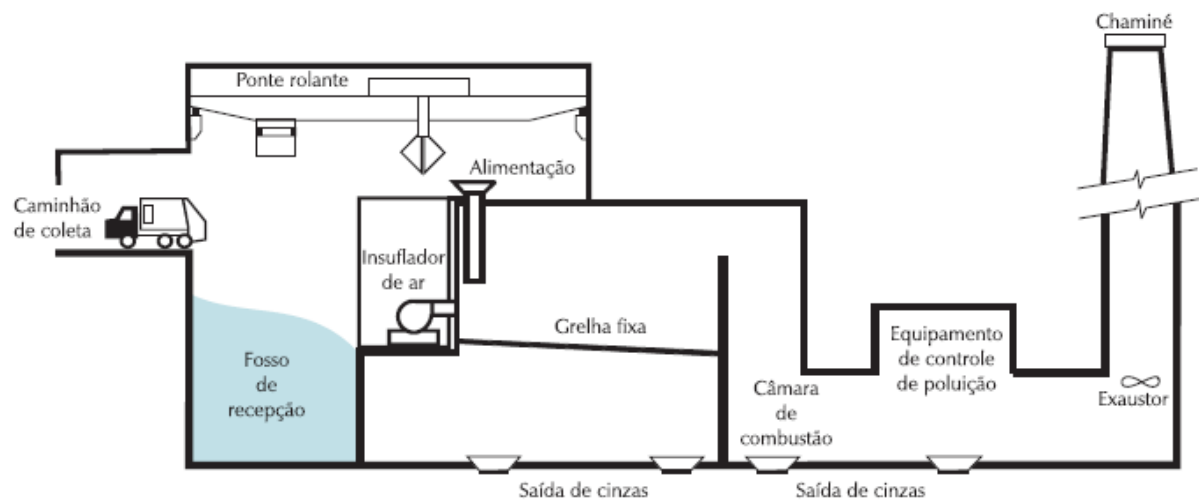
Existem diversos tipos de incineradores, mas o funcionamento se baseia no mesmo princípio. O equipamento possui duas câmaras de combustão (primária e secundária). Na primária, acontece o processo de queima dos resíduos, atingindo temperaturas entre 800 e 1.000°C, onde a matéria carbonácea se transforma em gás. Esse gás é encaminhado para a câmara secundária, onde são queimados a uma temperatura da ordem de 1.200 a 1.400°C por um período de 2 segundos (MONTEIRO et al, 2001).

Em seguida, os gases passam por um resfriamento rápido (para evitar que as cadeias orgânicas tóxicas se formem novamente), e são enviados para tratamento, que pode ser realizado em lavadores, ciclones ou precipitadores eletroestáticos. Após o tratamento, os gases são enviados para a atmosfera (MONTEIRO et al, 2001).

A escória que permanece na câmara primária é retirada após o seu resfriamento, e enviada para aterros industriais ou classe I. Essa escória é composta por metais, vidros e demais materiais que não se degradaram durante a queima da matéria orgânica (MONTEIRO et al, 2001).

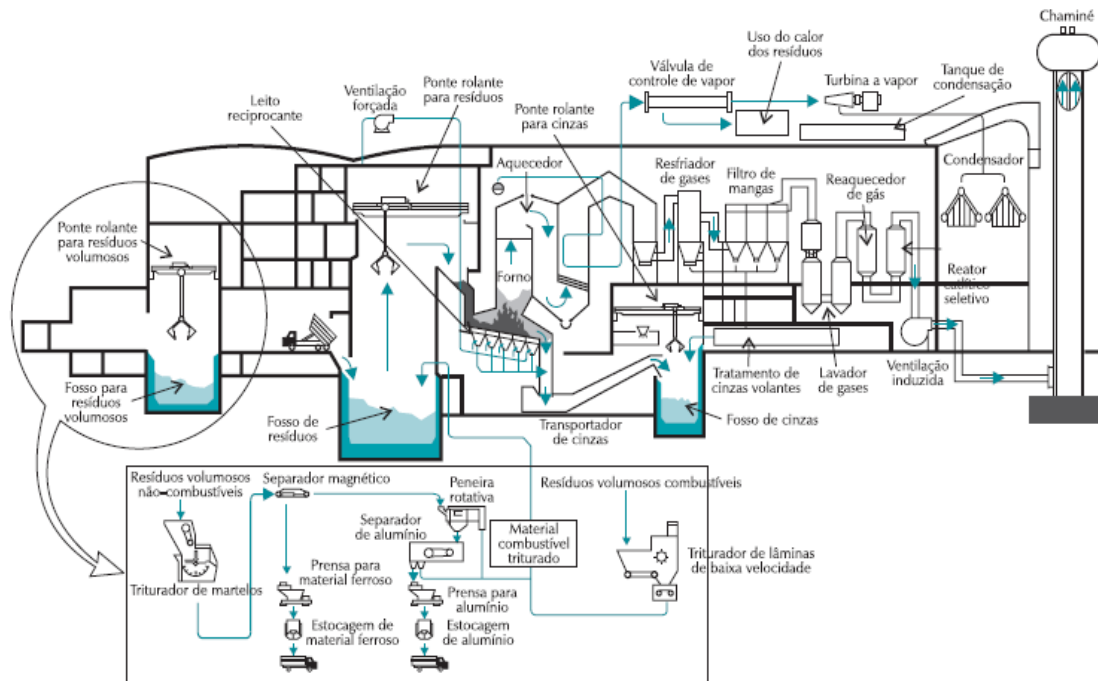
Dentre os tipos de fornos de incineração existentes, os mais comuns são os de grelha fixa, o de leito móvel e o rotativo. O primeiro, incinerador de grelha fixa, possui o mais simples funcionamento. Já os outros dois são mais complexos, pois contém mais etapas de funcionamento (MONTEIRO et al, 2001). Os esquemas de cada tipo podem ser vistos nas Figuras a seguir.

*Figura 5 – Esquema geral de um incinerador de leito fixo*



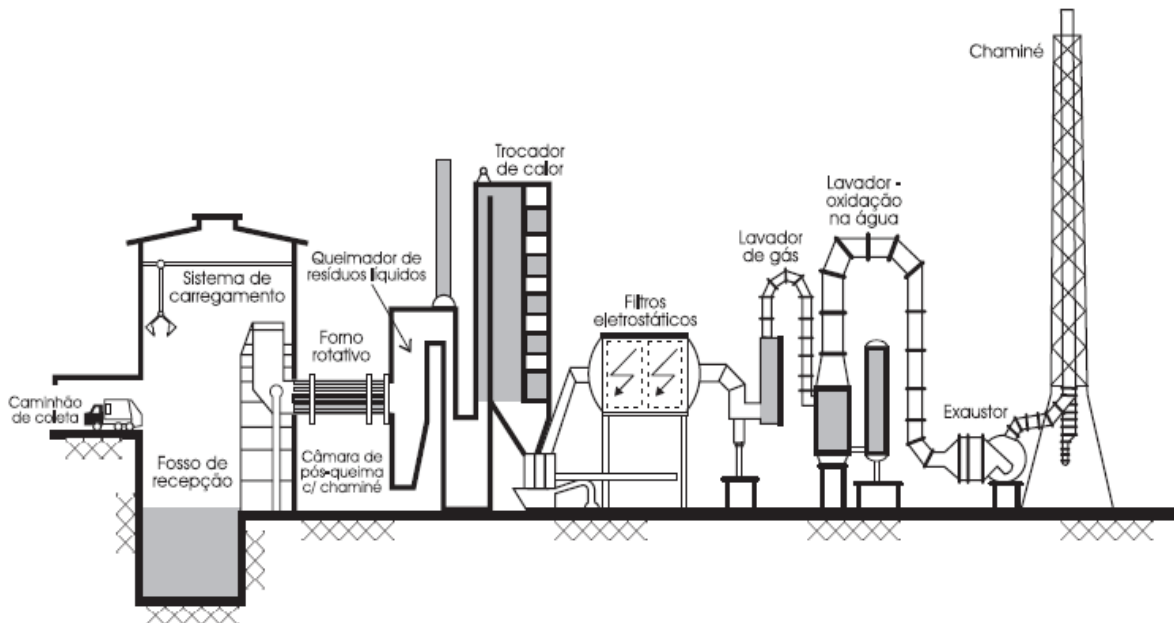
Fonte: Monteiro et al (2001).

*Figura 6 – Esquema geral de um incinerador de leito móvel*



Fonte: Monteiro et al (2001).

*Figura 7 – Esquema geral dos fornos rotativos*



Fonte: Monteiro et al (2001).



#### 4.1.7 Impactos potenciais do processo de incineração

O processo de incineração de RSS, mesmo sendo uma forma de tratamento, gera outros resíduos que também podem ser prejudiciais ao meio ambiente e à saúde pública. Por conta disso, todo o processo deve ser controlado e monitorado, para evitar que novos poluentes sejam gerados.

O processo de incineração resulta em resíduos líquidos, sólidos e gasosos. Os sólidos são definidos pelas cinzas e escória do material que foi queimado. Este contém o material orgânico que foi destruído pela combustão, e outras matérias, como vidrarias, agulhas, plásticos mais resistentes à queima, entre outros. Mesmo estando descontaminada dos agentes que estavam presentes previamente, a escória ainda deve ser tratada com cuidado, já que por conter agulhas e vidros, podem vir a machucar e contaminar aqueles que manuseiam com a mesma. Sendo assim, as cinzas e escórias devem ser enviadas para um aterro industrial ou classe I, e não para um aterro sanitário comum (PICHTEL, 2005).

O resíduo líquido do incinerador vem da lavagem dos gases que são emitidos para a atmosfera. Nele, se encontra as cinzas que foram capturadas durante a lavagem. O líquido passa por um tratamento com produtos químicos, e é colocado para secagem, onde há a separação da parte sólida da líquida. Os sólidos são destinados junto à escória para o aterro sanitário, e o líquido volta para o processo. Usualmente, a água utilizada no processo é filtrada e volta para o mesmo, já que não há tratamento para a mesma dentro do incinerador (PICHTEL, 2005).

Os resíduos gasosos do processo de incineração vêm da queima dos compostos orgânicos presentes nos RSS. Os padrões de emissão de processos de incineração se encontram na Norma ABNT NBR 11.175 de 1990 – Incineração de resíduos sólidos perigosos – Padrões de desempenho. Nela, são definidos padrões de emissão para alguns compostos, como pode ser visto no

Quadro 1, a seguir.

*Quadro 1 – Padrões de emissão da incineração segundo a norma brasileira*

Composto		Padrão de emissão
Ácido clorídrico (HCl)		1,8 kg/h ou 99% de remoção de HCl para resíduos que contenham mais de 0,5% de Cl
Ácido fluorídrico (HF)		5 mg/Nm <sup>3</sup>
Monóxido de carbono (CO)		100 ppm, ou no máximo 500 ppm para intervalos inferiores a 10 min.
Óxidos de enxofre (SO <sub>x</sub> - medido como SO <sub>2</sub> )		280 mg/Nm <sup>3</sup>
Óxidos de nitrogênio (NO <sub>x</sub> - medido como NO <sub>2</sub> )		560 mg/Nm <sup>3</sup>
Material particulado total		70 mg/Nm <sup>3</sup>
Material particulado inorgânico	Classe 1: Compostos com Cádmio, Mercúrio e Tálcio com fluxo maior do que 1 g/h	0,28 mg/Nm <sup>3</sup>
	Classe 2: Compostos com Arsênio, Cobalto, Níquel, Selênio e Telúrio com fluxo maior do que 5 g/h	1,4 mg/Nm <sup>3</sup>
	Classe 3: Compostos como Antimônio, Chumbo, Cianetos, Fluoretos, Cobre, Manganês, Platina, Paládio, Ródio, Vanádio e Estanho com fluxo maior do que 25 g/h	7 mg/Nm <sup>3</sup>

Fonte: adaptado de ABNT (1990).

Além dos compostos citados acima, há uma crescente preocupação com a emissão de dioxinas e furanos, compostos policlorados. Segundo Assunção & Pesqueiro (1999), uma das fontes de emissão desses compostos são os processos de combustão, ou seja, a incineração dos RSS e também de outras fontes. Existem 210 tipos diferentes de dioxinas e furanos, e dentre desses, 17 têm destaque em relação à toxicidade. Dentre os potenciais toxicológicos, destacam-se os prováveis efeitos carcinogênicos, deficiência imunológica, disfunções endócrinas, entre outros. A contaminação com esses compostos pode vir por conta de sua bio-acumulação em diferentes fontes de gorduras, como carne e leite e seus derivados, já que são solúveis nesse meio. Nos EUA, no ano de 1990, quase 11% das emissões de dioxinas e furanos na atmosfera vieram da incineração dos resíduos do serviço de saúde (USEPA, 1997 apud ASSUNÇÃO e PESQUEIRO, 1999).

Em relação à formação das dioxinas e furanos, há a comprovação de que algumas substâncias influenciam sua formação. Dentre elas, pode-se incluir alguns compostos clorados, como  $\text{Cl}_2$  e  $\text{HCl}$ , oxigênio, substâncias com enxofre, nitrogênio na forma de amônia e ureia e cobre. Além disso, pode-se monitorar a presença desses compostos utilizando alguns indicadores, como  $\text{CO}$ , hidrocarbonetos cíclicos aromáticos, clorobenzenos, entre outros, sendo os dois últimos os mais importantes (ZHOU et al, 2014).

#### 4.1.8 Gestão e gerenciamento de RSS em casos da bibliografia

Serão apresentados casos da literatura onde foi verificada a geração e também a gestão e gerenciamento dos RSS dentro de hospitais. As localidades variam, incluindo no interior do estado de São Paulo, Rio Grande do Sul e Espírito Santo. A seguir, os trabalhos são apresentados em ordem cronológica.

Os trabalhos apresentam dados variados, entre geração mensal, número de leitos, geração por leito diária, e formas de tratamento dos RSS. Assim, foi possível construir um paralelo entre os valores de geração e forma de tratamento de RSS dos trabalhos considerados com os do estudo de caso.

Mais especificamente, estudou-se o tratamento dos RSS. Os dados apresentados são bem diversos entre os estudos. A seguir, serão levantados os pontos principais relacionados à geração e ao tratamento dos RSS nas unidades estudadas.

O trabalho de Silva e Hoppe (2005) foi realizado na bacia hidrográfica do rio Vacacaí, no centro do estado do Rio Grande do Sul. Onze municípios compõem a bacia, totalizando quase 500 mil habitantes, tendo Santa Maria como a cidade mais populosa. Nesta região, a disposição final dos RSS era feita de maneira incorreta, em lixões, a céu aberto, nas periferias dos centros urbanos, sendo que alguns deles sofreram intervenções técnicas, que buscaram transformá-los em aterros controlados. Além disso, duas empresas privadas exercem a função de coletar e de disposição final desse tipo de resíduos em diferentes estabelecimentos de serviço de saúde.

Os autores apresentam alguns dados sobre os resíduos dos Grupos A, B e D. Nos hospitais, 100% dos resíduos do Grupo A são segregados, cerca de 60% dos resíduos do Grupo B, e 70% dos resíduos do Grupo D. Além disso, são apresentados dados de 21 hospitais, como número de leitos, e geração informada e estimada dos resíduos do Grupo A. Dentre os hospitais apresentados, um em específico, possui 252 leitos. A geração estimada de resíduos

totais para esse hospital é de 24.536,4 kg/mês. Dessa quantidade, 4.416,6 kg mensais são do Grupo A. Em relação a taxa de geração por leitos diária, encontrou-se o valor de 3,2 kg/leito.dia.

Em relação ao tratamento dos resíduos do Grupo A, a cidade de Santa Maria possui um incinerador em funcionamento, e também uma unidade de esterilização dos RSS através da autoclavagem e disposição final em Butiá-RS. Já os resíduos do Grupo B são destinados para um aterro de resíduos perigosos, em Estância Velha (RS).

Segundo os dados do Panorama da ABRELPE de 2014, mais de 50% dos RSS são tratados através da autoclave na região Sul do país. Em seguida, vem a incineração, com valores próximos à 40%. O estado do Rio Grande do Sul apresenta uma capacidade instalada de tratamento através da autoclave de quase 11 toneladas por ano, enquanto para a incineração, esse valor é de apenas 3,6 toneladas por ano. Os dados apresentados por Silva e Hoppe (2005) correspondem aos métodos de tratamento aplicados no estado, porém, como o estudo não apresenta a quantidade de resíduos que são tratados conforme os métodos citados acima, não é possível fazer a comparação em relação ao percentual tratado.

Haddad (2006) realizou um estudo num hospital de médio porte em Araraquara, com 150 leitos. A unidade atende casos de tratamento clínico e cirúrgico, UTI, Pediatria, Sala de Parto, entre outras unidades. O hospital conta com 350 funcionários, com cerca de 70% da área da enfermagem. No citado estudo, a autora analisou as mudanças na geração dos resíduos dos serviços de saúde antes e depois da elaboração do Plano de Gerenciamento dos Resíduos dos Serviços de Saúde (RSS).

A autora apresenta uma geração mensal de aproximadamente 1.700 kg, além de apresentar a média de geração diária conforme o tipo de unidade: área de internação, área cirúrgica, área de atendimento ambulatorial e área de nutrição. Assim, apresentam-se dados conforme o número de pacientes, número de cirurgias, de procedimentos e refeições servidas. A soma das médias obtidas pela autora para o ano de 2004, antes da implementação do PGRSS, foi de 6,08 kg/divisão.dia, e após o PGRSS, 3,77 kg/divisão.dia. O valor apresentado pela autora como geração diária após a implantação do PGRSS é de 55,6 kg/dia.

Em relação ao tratamento, este fica por responsabilidade do DAAE (Departamento Autônomo de Água e Esgoto de Araraquara), que também cuida dos RSS gerados em Gavião Peixoto, Santa Lúcia, Motuca, Rincão e Américo Brasiliense. O incinerador da cidade

funcionava em situação precária na época do estudo, em 2006. A cobrança é feita somente para os grandes geradores, no valor de R\$ 2,00 para cada quilo de RSS tratado.

Porém, segundo o Plano Municipal de Saneamento Básico de Araraquara (WALM, 2014), desde 2010 o incinerador encontra-se desativado, por conta de uma inadequação no sistema de emissão de gases, levantada pela CETESB. Desde então, os RSS são tratados e dispostos por uma empresa especializada de Jardinópolis-SP. Os resíduos do Grupo A e E são tratados com micro-ondas e os do Grupo B, por incineração.

Gil (2007), Ventura (2009) e Pugliesi (2010) apresentam dados referentes à geração de RSS no município de São Carlos. Os três trabalhos têm o foco no maior gerador da cidade, a Santa Casa de Misericórdia de São Carlos. Ventura (2009) apresenta a situação do gerenciamento dos RSS na unidade de saúde, apresentando as dificuldades em relação à segregação dos resíduos dos serviços de saúde dentro das unidades da Santa Casa, que é o maior gerador de RSS do município. Além disso, a autora apresenta diversos aspectos do gerenciamento dos RSS dentro da unidade, que não são relevantes para o trabalho em questão.

O número de leitos considerados por Ventura (2009) para a unidade foi de 330 leitos, dado que diverge muito do apresentado por Gil (2007) e Pugliesi (2010): 201 leitos. Além disso, a geração considerada por Ventura (2009) foi muito maior do que apresentado pelos demais estudos: 7.393,6 kg/mês para Gil (2007), que considerou geração de 1,21 kg/leito.dia, e 10.150 kg/mês apresentados por Pugliesi (2010), que apontou geração de 2,09 kg/leito.dia.

A autora ainda apresenta duas quantificações de datas diferentes: 2005 e 2007. Os Grupos de RSS avaliadas são: A (potencialmente infectantes), D (comuns) e E (Perfurocortantes e escarificantes). Para esse trabalho, os resíduos do Grupo D foram desconsiderados, pois só são enviados para tratamento especial os resíduos do Grupo A e E. Além disso, serão considerados apenas os valores do ano de 2007, por serem os mais recentes. A Tabela 1 apresenta tais dados.

*Tabela 1 – Quantidade de resíduos gerados pela Santa Casa de São Carlos-SP, em 2007*

Grupo dos RSS	Resíduos gerados	
	(kg/dia)	(kg/mês)
A	774	23.220
E	53	1.590
<b>Total</b>	<b>827</b>	<b>24.810</b>

Fonte: Ventura (2009).

Gil (2007) realizou uma caracterização qualitativa e quantitativa dos resíduos gerados em cada setor do hospital, considerando seu acondicionamento (sacos brancos, pretos e perfurocortantes). Obteve-se uma geração total de 242,80 kg/dia dentro unidade; deste número, aproximadamente 59,27% dos resíduos eram do Grupo A (sacos brancos), incluindo uma pequena parcela do Grupo D, descartada erroneamente.

Gil (2007) também apresenta a média de geração de resíduos conforme o número de quartos, leitos e pacientes. A quantidade média de geração dos RSS para o número de leitos é de 1,21 kg/leito.dia.

Os dados levantados por Pugliesi (2010) mostram que a Santa Casa de São Carlos contribui com aproximadamente 50% dos RSS gerados no município, quantidade que demanda gastos com coleta e tratamento da ordem de R\$ 3.000,00 por tonelada coletada. Com o valor de 20,3 toneladas/mês obtido no trabalho, tem-se um custo de coleta e tratamento de aproximadamente R\$ 61 mil reais por mês.

Quanto a geração, a autora apresenta a quantidade total de resíduos gerada diariamente pelas unidades da Santa Casa. Além disso, são apresentados o número de leitos, sendo possível calcular os valores diários de geração por leitos. A Santa Casa gerava um total de 425,73 kg de RSS por dia, e possui 201 leitos considerados. Em relação ao número de pacientes, foram considerados 203 (foi maior do que o número de leitos por conta do número de quartos, que são 69), sendo muito próximo ao valor dos leitos, podendo considerar a taxa de geração calculada pela autora, de 2,09 kg/paciente/dia.

Em relação ao tratamento, os três estudos apresentam dados coerentes: os resíduos são enviados à Campinas, em média três vezes por semana (PUGLIESI, 2010), onde passam por tratamento de micro-ondas. Depois do tratamento, os resíduos retornam para São Carlos, onde são dispostos no aterro sanitário do município.

O estudo feito por Pereira et al (2010) aconteceu dentro de um hospital público da cidade de Campina Grande (PB). O hospital realiza diferentes procedimentos de diversas naturezas, e por essa razão atrai pessoas de Campina Grande e região.

Segundo dados fornecidos pelos autores, os RSS correspondem a 0,5% do total dos resíduos no município. O valor total é coletado no município é de 12.605,33 toneladas por mês, equivalendo à 414,64 toneladas por dia. Considerando a porcentagem que se refere aos RSS, pode-se calcular o valor de RSS coletado diariamente: 2,07 toneladas/dia.

O valor de 2,07 toneladas por dia corresponde a 13 estabelecimentos hospitalares, que possuem uma média de geração diária variando de 258 a 858 kg/dia. Também dessa quantidade coletada, apenas 21,4% é destinado para incineração, e o restante (78,6%) é encaminhado para o lixão municipal, onde parte é enterrada em uma vala séptica, sem tratamento prévio.

Além dos dados mais gerais, Pereira et al (2010) apresenta dados específicos do hospital avaliado: sua geração diária é de 67,50 kg, que são segregados na fonte, e tendo em sua composição, 16,2 kg (24%) de resíduos do Grupo D. Em relação ao tratamento, o diretor da unidade não soube responder se existe alguma ação dessa natureza. Quanto à destinação final, os mesmos vão para uma vala séptica no lixão municipal, como apresentado anteriormente, separando-se apenas os resíduos do Grupo D, que são colocados junto aos resíduos domiciliares.

As porcentagens apresentadas para o município de Campina Grande foram bem reduzidas. Segundo o Panorama da ABRELPE no ano de 2014, o estado da Paraíba só possui capacidade de tratamento de 780 toneladas por ano, sendo somente através da incineração. Se considerarmos os dados apresentados pelo estudo, só na cidade de Campina Grande, são gerados anualmente cerca de 760 toneladas por ano. Considerando que Campina Grande não é a maior cidade do estado em população, vemos que a capacidade para tratamento dos RSS no estado é deficiente, justificando a quantidade de resíduos que são enviadas para uma disposição incorreta, como as valas sépticas nos lixões municipais.

Aduan et al (2014) apresentam os dados de seis hospitais do município de Vitória (ES). Os hospitais avaliados têm diferentes focos de atuação, sendo eles: público federal, filantrópico, ensino universitário, de referência em oncologia, público estadual militar, e de referência em traumatologia e ortopedia. Por abranger um hospital de referência oncológica (H4), como o HAC, o trabalho se torna relevante. Cinco dos hospitais são de grande porte (mais de 150 leitos), e um de médio porte. O hospital oncológico é considerado de grande porte.

A quantificação dos resíduos dos serviços de saúde gerados nos hospitais avaliados por Aduan et al (2014) foi realizada considerando os Grupos A, B e D. Dentre os resultados apresentados, há apenas um valor específico para os resíduos do Grupo A para o hospital oncológico, apresentado a seguir, na



Tabela 2.

Tabela 2 – Geração dos RSS em um hospital de referência oncológica no município de Vitória (ES)

<b>Parâmetro</b>	<b>Valor obtido</b>
Média do número de sacos brancos gerados por dia (sacos/dia)	167
Quantidade média (kg/dia)	551,2
Peso específico aparente (kg/m <sup>3</sup> )	110,5
Média de leitos ocupados por dia	180
Taxa de geração (kg/leito ocupado/dia)	3,05

Fonte: adaptado de Aduan et al (2014).

Já os valores para o Grupo B são apresentados em média para os seis hospitais. O valor médio, em kg, por dia, é de 0,67 kg/dia. Assim, pode-se considerar um valor de geração média de resíduos do Grupo A e B para o hospital de referência oncológica como, aproximadamente, 551,9 kg/dia. A taxa de geração por leito ocupado por dia atinge o valor de 3,07 kg/leito ocupado/dia.

O tratamento dos resíduos acontece na Central de Tratamento de Resíduos (CTR). A Central possui um aterro sanitário, um aterro específico para os RSS e um incinerador, que são todos licenciados pelo órgão estadual (IEMA). A capacidade do incinerador é de 250 kg/h, utilizando o biogás (metano) como combustível, ou gás natural, óleo diesel e BPF. Em relação aos custos do tratamento, não são fornecidos dados.

Os dados apresentados pela ABRELPE (2014) para o estado do Espírito Santo mostram que no estado, há somente capacidade instalada para tratar 4.368 toneladas de resíduos por ano, e somente com a incineração de tratamento. Os dados apresentados no trabalho de Aduan et al (2014) são coerentes com a quantidade de tratamento apresentada pela ABRELPE, tendo capacidade suficiente para tratar os resíduos gerados no município de Vitória durante o ano, com folga para os demais municípios.

André (2014) avaliou 11 hospitais da cidade de Ribeirão Preto, no interior de São Paulo. Os hospitais considerados possuem diferentes especialidades, como psiquiatria, maternidade, cirurgia plástica, geral, e também podem ou não ser instituições de ensino.

A autora apresenta os valores de RSS coletados durante seis dias, e também a média de RSS gerado por dia, por cada hospital. Dentre os dados apresentados, um dos hospitais (H3) possui uma geração de 870,72 kg/dia. O maior valor obtido de geração diária de resíduos foi de 3.812,31 kg/dia num hospital geral, e o menor valor foi 115,14 kg/dia.

Além dos dados gerais, André (2014) fez a quantificação dentre os Grupos dos RSS. Assim, são apresentados dados de geração para os Grupos A, B, C, D e E. Os valores obtidos

variam muito conforme o hospital, onde alguns produzem mais resíduos do Grupo A e outros do Grupo D. A autora também apresenta os dados de produção dos RSS/leito/dia de cada unidade considerada, e sua distribuição dentre os Grupos dos RSS. Porém, a autora não informa o número de leitos considerados para o cálculo realizado, de cada unidade.

Em relação ao tratamento, são apresentados diversos dados sobre os hospitais, como o local de tratamento dos RSS (in loco ou externo), se o tratamento é realizado, se há acompanhamento, e qual tipo de tratamento é realizado conforme o grupo do resíduo. Dentre essas informações, obtemos um perfil de como o tratamento dos RSS acontece, se há diferenciação em relação à forma utilizada conforme os Grupos de resíduos e outras informações. A partir desses dados, apresenta-se a Tabela 3, com os dados apresentados por André (2014).

*Tabela 3 – Características do tratamento dos RSS em Ribeirão Preto*

Características		Informações
Local de tratamento dos RSS	No local	0%
	Externo	100% (11 hospitais)
Tipo de tratamento	Micro-ondas	Grupo A (75%) Grupo E (75%)
	Incineração	Grupo A (25%) Grupo B (50%) Grupo E (25%)
	Aterro Sanitário	Grupo D (75%)
	Não souberam informar	Grupo B (50%) Grupo D (50%)

Fonte: adaptado de André (2014).

## 4.2 Estudo de Caso

O estudo de caso foi realizado no Hospital Amaral Carvalho (HAC), no município de Jaú. Este se localiza no centro oeste paulista, que integra a região administrativa de Bauru; possui cerca de 144.828 habitantes, segundo estimativas do IBGE Cidades (2016), e conta com quatro grandes unidades de tratamento de saúde: o HAC, a Santa Casa de Misericórdia (geral e maternidade), o Hospital Tereza Perlatti (psiquiátrico) e o Hospital São Judas, que atualmente funciona apenas para casos de pronto-atendimento.

O HAC é o maior hospital do município, atuando em diversas áreas da medicina, como tratamentos oncológicos, cabeça e pescoço, cirurgia plástica, cuidados paliativos, fisioterapia, ginecologia, hematologia, mastologia, medicina nuclear, pediatria, quimioterapia, radioterapia, transplante de medula óssea, entre outros. No entanto, seu foco é no tratamento oncológico, possuindo cerca de 190 leitos para os procedimentos. No ano de 2015,

o HAC atendeu aproximadamente 1.600 pacientes no transplante de medula óssea, 2.100 na radioterapia e 6.200 pacientes na quimioterapia. No total, o HAC atendeu por volta de 220.000 pacientes no ano de 2015, realizando mais de 1,5 milhões de procedimentos. Na Tabela 4, encontram-se os dados para cada unidade do HAC, e suas porcentagens calculadas em relação ao total de procedimentos e pacientes atendidos.

*Tabela 4 – Procedimentos realizados pelo Hospital Amaral Carvalho no ano de 2015, conforme suas áreas*

Unidade	Em números absolutos		Em porcentagem	
	Pacientes atendidos	Procedimentos realizados	Pacientes atendidos	Procedimentos realizados
Cabeça e Pescoço	6.328	11.925	4,3%	2,8%
Cirurgia Plástica e Peles e Partes Moles	4.823	9.628	3,3%	2,2%
Cuidados Paliativos	1.030	2.010	0,7%	0,5%
Fisioterapia	720	7.346	0,5%	1,7%
Ginecologia	7.505	12.982	5,1%	3,0%
Hematologia	3.107	20.780	2,1%	4,9%
Mastologia	2.779	4.768	1,9%	1,1%
Medicina Nuclear	7.349	8.380	5,0%	2,0%
Oncologia	7.326	66.580	5,0%	15,6%
Pediatria	1.193	7.239	0,8%	1,7%
Quimioterapia	6.218	61.096	4,3%	14,3%
Radioterapia	2.083	41.014	1,4%	9,6%
Serviço Social	68.322	123.550	46,8%	28,9%
Toracoabdominal	6.581	14.218	4,5%	3,3%
Transplante de Medula Óssea	1.597	7.423	1,1%	1,7%
Unidade Sant'Anna	7.151	9.850	4,9%	2,3%
Urologia	11.939	19.295	8,2%	4,5%
<b>Total</b>	<b>146.051</b>	<b>428.084</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Fonte: Hospital Amaral Carvalho (2015).

Observando os valores apresentados na Tabela 4, temos como a unidade que mais realiza procedimentos a de Serviço Social, com 28,9%, seguida da Oncologia, com 15,6%, e em terceiro lugar, a Quimioterapia com 14,3% dos procedimentos. Em relação aos pacientes atendidos, a unidade que mais atende é também o Serviço Social, com aproximadamente 68 mil pacientes por ano, seguido da Urologia, com aproximados 12 mil pacientes por ano.

Utilizando a plataforma do DATASUS, foi possível a obtenção do número de leitos do HAC. São 273 leitos no total, divididos entre leitos cirúrgicos, clínicos, UTI (Unidade de Tratamento Intensiva), pediátricos, pós-transplante (Hospital Dia) e outros. Desses leitos, 80% fornece tratamento para pacientes do SUS (Sistema Único de Saúde). A quantidade de leitos por tipologia pode ser vista na

Tabela 5, a seguir.

*Tabela 5 – Número de leitos do HAC*

<b>Tipologia</b>	<b>Número de Leitos</b>
Cirúrgico	136
Clínico	76
UTI	21
Pediátrico	20
Pós-Transplante (Hospital Dia)	8
Outros	12
<b>Total</b>	<b>273</b>

Fonte: DATASUS (2016).

Ainda segundo o site da Instituição, o hospital realiza o processo de logística reversa e coleta seletiva dos resíduos gerados para a venda como sucata. Além disso, participa de programas promovidos por ONGs como a “Saúde Sem Dano”, que propõe “transformar mundialmente o setor de cuidado da saúde, sem comprometer a segurança ou o cuidado do paciente, para que seja ecologicamente sustentável e deixe de ser uma fonte de dano para as pessoas e o meio ambiente” (Saúde sem Dano ,2016) e do programa nacional “Hospitais Saudáveis”, que tem como objetivo a minimização dos impactos gerados pelos sistemas de saúde no país (HOSPITAIS SAUDÁVEIS, 2016).

O HAC já recebeu o prêmio “Amigo do Meio Ambiente” (no ano de 2015), dado pela Secretaria do Estado de São Paulo. O prêmio considera as unidades que trabalham com o Sistema Único de Saúde (SUS). Em 2016, o HAC também recebeu o mesmo prêmio, segundo dados fornecidos pelo site do hospital (HOSPITAL AMARAL CARVALHO, 2016).

Foram realizadas duas visitas para o recolhimento de dados sobre o processo de gestão e gerenciamento dos resíduos gerados no local. A primeira, ocorrida no dia 18 de março de 2016, foi direcionada ao tratamento dos RSS, sendo possível a visita ao incinerador mantido pela Instituição para o tratamento dos mesmos. A segunda, ocorrida na data 14 de junho de 2016, foi realizada dentro no Hospital, mais especificamente no seu setor de meio ambiente,

focada no processo de gerenciamento dentro da unidade, antes dos RSS serem enviados para o tratamento.

#### 4.2.1 Visita ao HAC

O HAC possui um Plano de Gerenciamento de RSS (PGRSS), que é obrigatório para as unidades geradoras, segundo a ANVISA. Sua primeira versão é de 1997, e vem sendo atualizado anualmente desde então. Dentro da unidade, os RSS gerados são separados dentro dos setores do hospital, seguindo um esquema de cores:

- Sacos pretos: abrigam os resíduos que não precisam ser enviados para tratamento e podem ser reciclados (os que mais se assemelham aos resíduos sólidos domiciliares), sendo eles papéis, plásticos, entre outros.
- Sacos laranjas: abrigam os resíduos químicos, como sobras de remédios e demais reagentes que podem ser utilizados nos procedimentos.
- Sacos brancos: abrigam os resíduos que foram utilizados nos procedimentos e foram contaminados, como luvas, algodão, gases, entre outros.
- Caixas de papelão ou recipientes plásticos: abrigam os resíduos escarificantes ou perfurocortantes, como seringas e bisturis.

Depois de dispostos em seus recipientes corretos, os resíduos são encaminhados para o armazenamento interno do HAC, que acontece em expurgos distribuídos pela unidade. O transporte interno acontece utilizando-se um carrinho de plástico, lavável, existindo um para cada tipo de resíduo – comum e perigoso. A coleta em cada setor ocorre mais de uma vez ao dia, podendo chegar até 16 vezes, dependendo da demanda. Uma característica importante do transporte interno é que ele é realizado por funcionários terceirizados, contratados por outra empresa além do HAC.

A limpeza dos carrinhos de coleta interna é realizada diariamente, no fim do dia, após a última coleta. O transporte interno segue uma rota previamente determinada, iniciando-se no setor onde há maior geração de resíduos, sendo ele o com o maior número de leitos do Hospital.

Os resíduos são encaminhados para os expurgos distribuídos por toda a unidade, para seu abrigo temporário. No Hospital, existem de 15 a 20 expurgos, não sendo exclusivos de cada setor. Assim, pode ser que um expurgo abrigue os resíduos de mais de um setor. Além

dos resíduos, os expurgos abrigam outros equipamentos, como macas, colchões, cadeiras de roda, e outros.

Do expurgo, os resíduos são encaminhados para um local de armazenamento externo, onde ficam temporariamente até serem levados para o tratamento. Os funcionários responsáveis pelo carregamento dos veículos de transporte externo são os mesmos que dirigem até o incinerador, localizado a aproximados 13 km da unidade. O Hospital possui dois veículos que fazem esse transporte, que são devidamente adaptados e identificados para o transporte dos RSS. O interior de cada veículo é revestido por alumínio, e são lavados a cada entrega no incinerador.

As quantidades de viagens realizadas pelos veículos dependem da quantidade de resíduos gerada pelo Hospital. Geralmente, às segundas-feiras, são os dias nos quais são necessárias mais viagens, pois o incinerador permanece fechado durante os finais de semana.

Os resíduos então podem ser tratados, através do processo de incineração. O Hospital conta com dois incineradores, de uso exclusivo do mesmo e de algumas clínicas vizinhas a eles. As câmaras têm capacidade de queima de até 1 tonelada por dia, mas geralmente, funcionam em menor capacidade para que o sistema todo seja poupado. Estima-se que o HAC gere em torno de 25 toneladas de resíduos por mês, isto é, aproximadamente 800 kg por dia.

Ainda em relação à quantidade gerada, não há uma quantificação separada por setores. Alguns deles, como o hemonúcleo, possuem projetos específicos que requerem a quantificação de cada tipo de resíduos, e consequentemente sua pesagem, conforme sua caracterização.

#### 4.2.2 Visita à Central de Tratamento

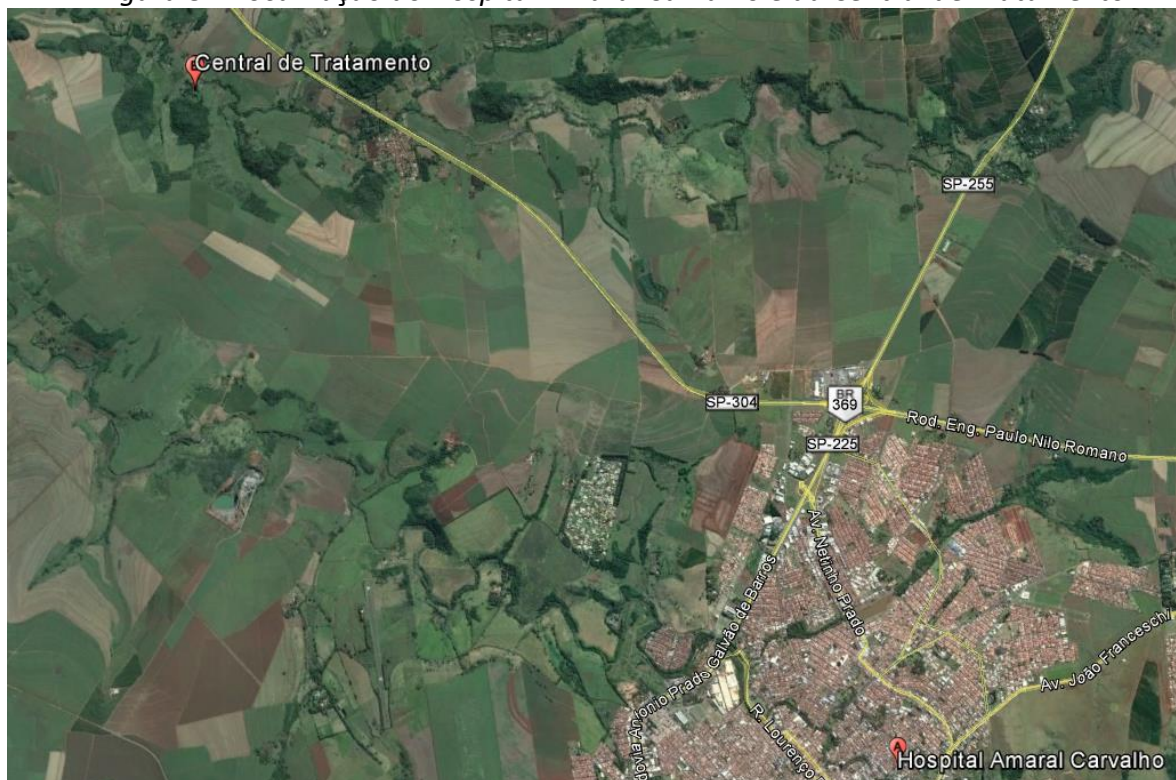
A visita à Central de Tratamento aconteceu no dia 18 de março de 2016, na presença do Engenheiro responsável pelo projeto e operação da instalação.

A Central foi criada há 20 anos, por conta da necessidade de destinação correta dos resíduos gerados pelo Hospital. O local onde a mesma foi implantada se encontra no distrito de Pouso Alegre de Baixo, aproximadamente 13 km do HAC. A localização do HAC e da Central de Tratamento podem ser vistas na

Figura 8.



*Figura 8 – Localização do Hospital Amaral Carvalho e da Central de Tratamento*



Fonte: Google Earth (2016).

A Central é composta por uma casa para os funcionários, com banheiro e copa, um depósito para os resíduos que são trazidos do hospital, duas fornalhas onde acontece a queima dos resíduos, um lavador de gases, onde os resíduos gasosos do processo são eliminados, um leito de secagem do “lodo” gerado com a lavagem dos gases, uma casa de química, um tanque onde o óleo diesel que é utilizado como combustível é armazenado, e caçambas para o armazenamento da escória que sobra após a queima.

A Central de Tratamento funciona cerca de 8 horas por dia, podendo atender até duas toneladas por dia. Porém, os fornos costumam funcionar com metade de sua capacidade para que haja um menor desgaste. Além disso, se uma fornalha precisar de reparos, a Central ainda consegue suprir a demanda de incineração diária, com a outra fornalha funcionando com total capacidade.

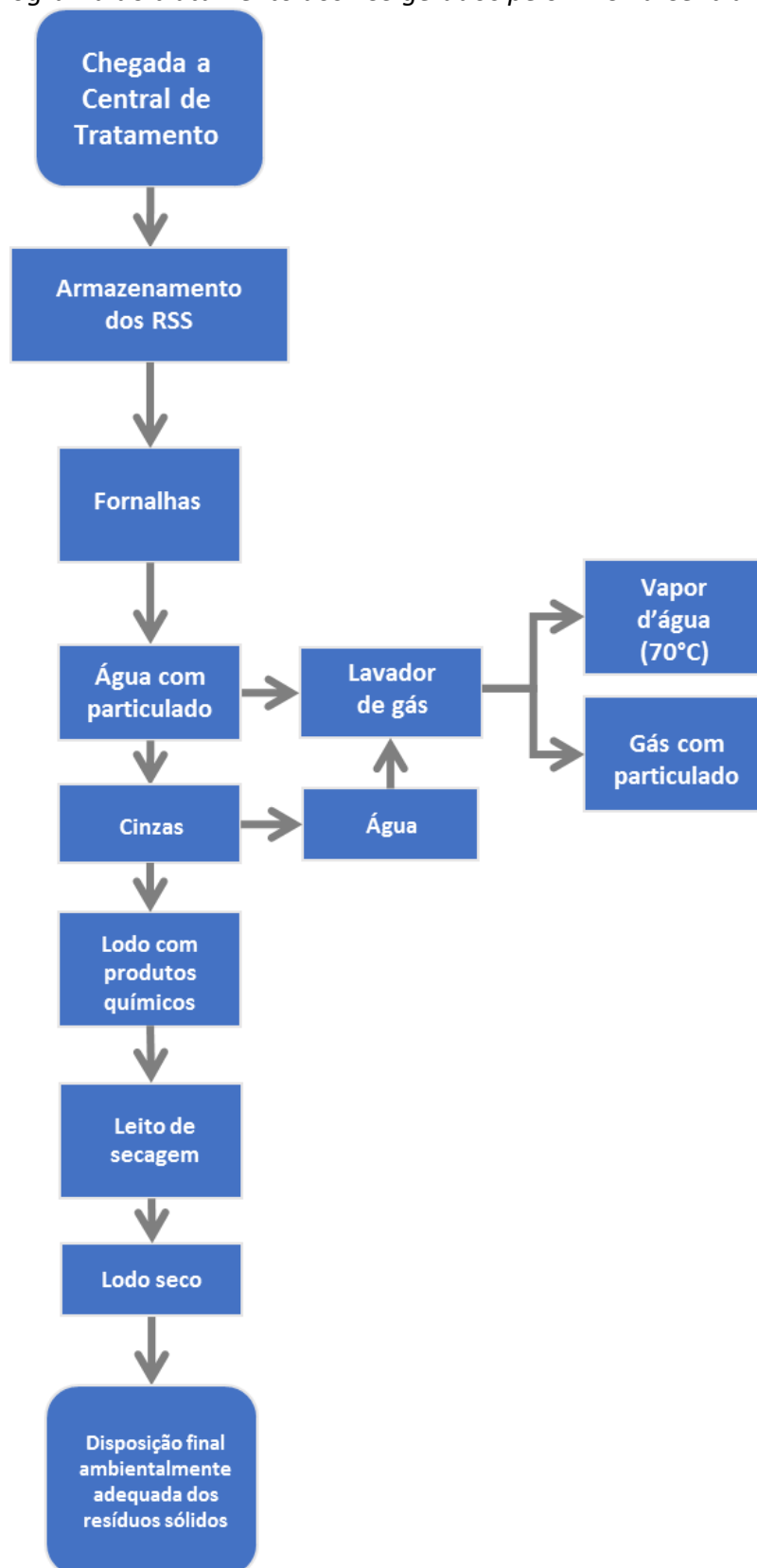
Após a queima nas fornalhas, os gases passam por um lavador de gases, que tem a função de retirar o particulado que está suspenso, separando-o do gás que será emitido para a atmosfera. O gás, agora sem os particulados, é emitido por uma chaminé e sua qualidade é verificada a cada dois anos, nos chamados testes de queima, requeridos pela CETESB para a

emissão da licença de operação dos incineradores. O último teste e a última licença emitida datam de novembro de 2015, sendo esperada uma nova verificação em novembro de 2017.

O particulado, que agora tem água em sua composição, é levado para uma pequena central de tratamento, onde são adicionados produtos químicos que separam o mesmo da água. Assim, o lodo gerado é enviado para um leito de secagem, onde é aplicado coagulante e água restante é filtrada e volta ao processo. Já o lodo seco é enviado junto à escória para o aterro para resíduos classe I, na cidade de Guatapará, localizada a 125 km de Jaú. Esse transporte acontece duas vezes por mês, e o hospital paga por peso destinado. Estima-se que são gerados, mensalmente, quatro toneladas de rejeitos (incluindo o lodo e a escória), o que corresponde a uma redução de aproximadamente 85% em massa dos resíduos que entram no sistema.

Os resíduos não passam por tratamento prévio *in situ* no Hospital, e também não há nenhuma ação para realização das práticas de redução, reutilização, reciclagem e recuperação dos RSS, como foi ressaltado em ambas visitas realizadas. O fluxograma do tratamento dos resíduos de serviços de saúde do HAC pode ser visto na Figura 9.

Figura 9 – Fluxograma do tratamento dos RSS gerados pelo HAC na Central de Tratamento



Fonte: Elaborada pela autora (2016).

Pelo fato de o HAC possuir uma Central de Tratamento, não há uma preocupação grande em relação à destinação dos RSS. Antigamente, a Central de Tratamento atendia demais hospitais de Jaú e região, porém, por conta do aumento da geração do HAC ao longo dos anos, agora a mesma é exclusiva para o uso do hospital.

No entanto, o HAC teve que fazer um grande investimento no início do projeto, além de ter gastos mensais com a manutenção da Central. Segundo Eleutério (2009), que obteve informações diretamente com o engenheiro responsável pela construção do incinerador, o investimento inicial para a obra foi cerca de R\$ 700 mil, sendo detalhado na Tabela 6.

*Tabela 6 – Valor de investimento para a construção da Central de Tratamento de Resíduos do HAC*

<b>Local do investimento</b>	<b>Valor gasto</b>
Equipamentos (fornalha e lavador de gases)	R\$ 250.000,00
Terreno (2000 m <sup>2</sup> )	R\$ 100.000,00
Sistema hidráulico	R\$ 10.000,00
Sistema elétrico	R\$ 25.000,00
ETE industrial	R\$ 50.000,00
ETE sanitário	R\$ 10.000,00
Infraestrutura	R\$ 150.000,00
Tanque de óleo diesel	R\$ 5.000,00
Custos com licenças	R\$ 25.000,00
Projeto e acompanhamento técnico	R\$ 75.000,00
<b>Total</b>	<b>R\$ 700.000,00</b>

Fonte: Eleutério (2009).

Além desses dados, o autor levantou os custos de operação da Central de Tratamento, que giram em torno de R\$ 26 mil mensais. Na Tabela 7, apresentam-se os dados relacionados aos custos de operação com maior descrição.

*Tabela 7 – Custos de operação da Central de Tratamento de Resíduos do HAC*

<b>Local do investimento</b>	<b>Valor gasto</b>
Custos com pessoal	R\$ 4.000,00
Energia elétrica	R\$ 300,00
Química	R\$ 1.500,00
Água	R\$ 200,00
Óleo diesel	R\$ 14.000,00
Transporte	R\$ 500,00
Telefone	R\$ 150,00
Gerenciamento técnico	R\$ 3.000,00
Manutenção	R\$ 1.500,00
Produtos de limpeza	R\$ 700,00
Segurança	R\$ 150,00
<b>Total</b>	<b>R\$ 26.000,00</b>
<b>Custo total anual</b>	<b>R\$ 312.000,00</b>

Fonte: Eleutério (2009).

A educação e conscientização ambiental dos funcionários do hospital compreendem ações que visam destacar a importância da segregação correta dentro dos setores. Além disso, os funcionários terceirizados são instruídos também para fazerem a coleta corretamente, sem misturar os resíduos contaminados com os que podem ser enviados para reciclagem. Os treinamentos são dados pelo setor de meio ambiente do hospital, e ocorrem com periodicidade anual, sendo que o primeiro aconteceu no ano de 2012.

#### 4.2.3 Outras considerações

Em 2008, o HAC desenvolveu um projeto para que os resíduos recicláveis gerados na unidade pudessem ser enviados para uma destinação correta. Os objetivos almejados pelo projeto são: o aumento da quantidade de resíduos recicláveis coletada, a redução dos resíduos que são enviados erroneamente para a incineração, e consequentemente para o aterro sanitário, a redução dos riscos para os pacientes e funcionários e também a geração de benefícios sociais, através da doação dos recursos obtidos com essa reciclagem (OMETTO, 2014).

Entre 2008 e 2014, houve um aumento de 63 toneladas na quantidade de resíduos recicláveis arrecadados e destinados corretamente. A renda passou de 5 mil reais em 2009 para 60 mil reais em 2014, e esta foi destinada para as casas de apoio mantidas para os pacientes em tratamento do HAC. Com isso, houve uma redução de envio desnecessário para a incineração da ordem de 4 toneladas de resíduos por mês, diminuindo os custos de operação da Central de Tratamento; os recursos economizados são enviados para a Entidade de Assistência Social Anna Marcelina, que assiste os pacientes e as famílias carentes que estão em tratamento no HAC. Além de enviar o dinheiro arrecadado com a reciclagem, o hospital envia mobília para a Entidade (OMETTO, 2014).

A execução do projeto começou com a alocação de latões de 200 litros para receber os resíduos, no estacionamento do HAC. Cada latão foi pintado e identificado corretamente conforme o resíduo que iria abrigar: plástico, papel, vidro, metal e madeira. Nos setores do hospital, foram colocadas caixas de papelão para abrigar os papéis brancos gerados, além de ter um local separado para o abrigo de caixas de papelão descartadas (OMETTO, 2014).

Dentre os resíduos recicláveis separados, podemos citar papel branco, papelão, plástico, calhas, porta papel, telhas galvanizadas, sucata eletrônica, forros de PVC, entre outros. Papel, papelão e plástico são vendidos semanalmente; já os outros, exceto a sucata

eletrônica, são vendidos mensalmente. Os eletrônicos são vendidos para uma filial da empresa italiana RICREA SRI, que fornece certificado de descarte para o hospital. As figuras a seguir (Figura 10 a Figura 13) mostram os locais onde os resíduos são alocados (OMETTO, 2014).

*Figura 10 - Latões utilizados para separação dos resíduos*



Fonte: Ometto (2014).

*Figura 11 - Armazenamento dos resíduos plásticos*



Fonte: Ometto (2014).

*Figura 12 - Armazenamento de papelão*



Fonte: Ometto (2014).

*Figura 13 - Papelão e papel branco já pesados*

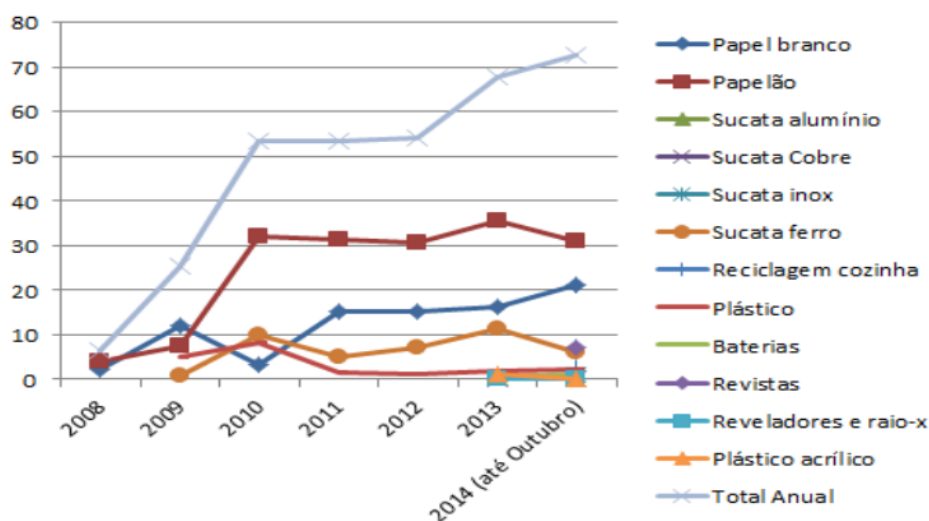


Fonte: Ometto (2014).

Nas

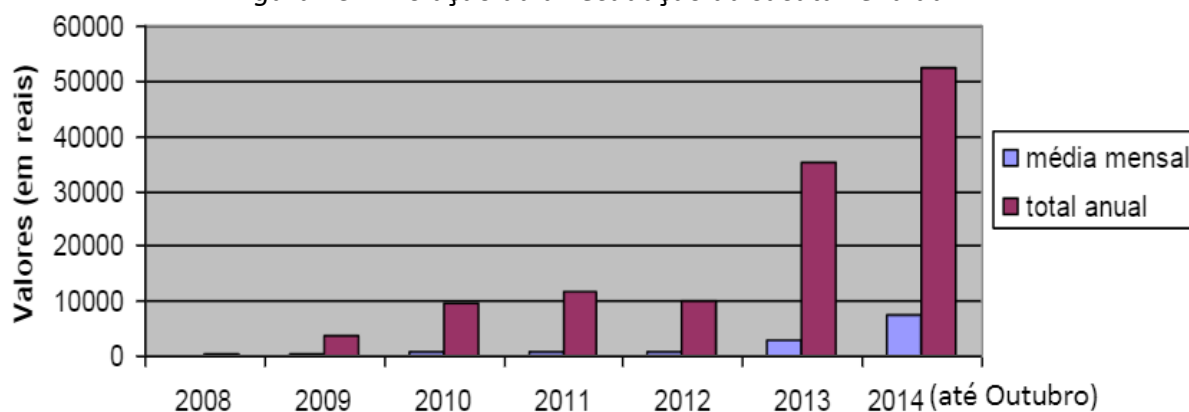
Figura 14 e Figura 15, são apresentados os dados da evolução na coleta de resíduos recicláveis, em relação às toneladas e arrecadação.

Figura 14 - Evolução da quantidade de resíduos recicláveis vendidos



Fonte: Ometto (2014).

Figura 15 - Evolução da arrecadação da sucata vendida



Fonte: Ometto (2014).

Por fim, a autora apresenta o principal desafio enfrentado pelo HAC: a motivação dos funcionários, os principais responsáveis pela separação correta dos resíduos. Após o resíduo reciclável entrar em contato com os resíduos perigosos, não pode mais ser vendido, pois pode ter havido contaminação.

Com os dados fornecidos na visita ao HAC e à Central de Tratamento, apresentado nos itens anteriores, foi possível calcular a quantidade de resíduos que chegam ao incinerador diariamente e também por número de leitos.

Na Tabela 8, apresentam-se os dados calculados, a partir da estimativa mensal de 25 toneladas. Essa média mensal foi obtida através de uma estimativa anual calculada pelo próprio Hospital. A geração mensal foi dividida pelo número de leitos para obter uma estimativa de geração por leitos por dia. Vale a ressalva de que o valor foi dividido pelo



número total de leitos (273), e não pela média de leitos ocupados, já que este dado não foi fornecido.

*Tabela 8 – Quantidade de resíduos gerada no HAC por mês, dia e por leitos*

<b>Leitos</b>	<b>Geração diária</b>			<b>Geração mensal</b>		
	<b>Toneladas</b>	<b>Quilos</b>	<b>kg/leito/dia</b>	<b>Toneladas</b>	<b>Quilos</b>	<b>kg/leito/mês</b>
273	0,822	822,00	3,01	25,00	25.000	91,58

Fonte: Elaborada pela autora (2016).

A partir do valor de quilos gerados por dia por leito, foi possível comparar a geração dos resíduos de serviço de saúde do HAC com os demais estudos apresentados na literatura. A Tabela 9 apresenta os dados de geração mensal de cada fonte, e número de leitos dos estudos considerados.

*Tabela 9 – Geração de RSS nos estudos considerados*

<b>Fonte</b>	<b>Ano</b>	<b>Geração mensal</b>	<b>Número de leitos</b>
		<b>(kg)</b>	
Silva e Hoppe	2005	24.536,4	252
Haddad	2006	1.690,25	150
Gil	2007	7.393,6	201
Ventura	2009	24.810	330
Pugliesi	2010	10.150	201
Pereira et al	2010	1.559,5	87
Aduan et al	2014	16.776,85	180
André	2014	26.469,9	182
<b>Autora</b>	<b>2016</b>	<b>25.000</b>	<b>273</b>

Fonte: Elaborada pela autora (2016).

Com os dados apresentados, vemos que a geração de RSS mensal do HAC está entre umas das maiores, dentre o encontrado na literatura. Também vemos que o número de leitos totais do hospital é um dos maiores encontrados em hospitais da região e dos demais estudos considerados. A

Tabela 10 mostra o número de procedimentos realizados no ano de 2015, em cada unidade do HAC, desconsiderando o Serviço Social, pois foram somente consideradas as unidades que geram efetivamente os RSS, provenientes de procedimentos clínicos.

Tabela 10 – Procedimentos por setor e suas porcentagens correspondentes

Unidade	Procedimentos realizados	
	Em números absolutos	Em porcentagem
Oncologia	66.580	21,9%
Quimioterapia	61.096	20,1%
Radioterapia	41.014	13,5%
Hematologia	20.780	6,8%
Urologia	19.295	6,3%
Toracoabdominal	14.218	4,7%
Ginecologia	12.982	4,3%
Cabeça e Pescoço	11.925	3,9%
Unidade Sant'Anna	9.850	3,2%
Cirurgia Plástica e Peles e Partes Moles	9.628	3,2%
Medicina Nuclear	8.380	2,8%
Transplante de Medula Óssea	7.423	2,4%
Fisioterapia	7.346	2,4%
Pediatria	7.239	2,4%
Mastologia	4.768	1,6%
Cuidados Paliativos	2.010	0,7%
<b>Total</b>	<b>304.534</b>	<b>100%</b>

Fonte: adaptado de Hospital Amaral Carvalho (2015).

Com o número total de procedimentos clínicos realizados no ano de 2015, pode-se obter uma estimativa de geração de resíduos por procedimento, calculada através da geração anual de resíduos do HAC: 300 toneladas por ano. Assim, obteve-se a taxa de geração de 1,0 kg/procedimento. Porém, mesmo sendo a unidade que mais realiza procedimentos, não podemos considerar a Oncologia como a maior geradora de resíduos, já que não existe uma caracterização quantitativa dos resíduos gerados dentro do HAC.

Em relação ao tratamento, elaborou-se a

Tabela 11, que relaciona os tratamentos adotados nos estudos que foram considerados.

Tabela 11 – Formas de tratamento dos RSS nos estudos considerados

Fonte	Ano	Tipo de Tratamento	O tratamento é terceirizado?	Custo com tratamento (por kg)
Silva e Hoppe	2005	- Grupo A: Autoclave e Incineração - Grupo B: Aterro	Sim	**
Haddad	2006	Incinerador	Sim	R\$ 2,00
Gil	2007			
Ventura	2009	Micro-ondas	Sim	R\$ 3,00*
Pugliesi	2010			
Eleutério <sup>1</sup>	2009	Incinerador	Não	R\$ 2,50
Pereira et al	2010	Incinerador	Sim	-
Aduan et al	2014	Incinerador	Sim	**
André	2014	- Grupo A: Micro-ondas e Incineração - Grupo B: Incineração - Grupo E: Micro-ondas e Incineração	Sim	**
Autora	2016	Incinerador	Não	R\$ 1,05

Fonte: Elaborada pela autora (2016).

Observações:

\*considera a coleta também

\*\*não fornecido

<sup>1</sup> Os dados fornecidos por Eleutério (2009) foram considerados somente para a valoração do tratamento dos RSS pela incineração.

Podemos ver que, dos estudos considerados, somente o HAC possui tratamento que é exclusivo para os resíduos gerados no hospital. Quanto à disposição final, o HAC também terceiriza a sua, para o aterro de Guatapará, próximo a Ribeirão Preto. Os demais estudos, sem exceção, terceirizam o tratamento e a disposição final.

Os dados apresentados por Eleutério (2009) são relativos ao valor cobrado pelo HAC para o tratamento de RSS provenientes de outras fontes. Se considerarmos os custos mensais estimados pelo mesmo estudo, e dividirmos pela geração de RSS mensal, calcula-se o valor mostrado na

Tabela 11: R\$ 1,05 por quilo de RSS gerado. Na época do estudo de Eleutério (2009), a Central de Tratamento do HAC recebia resíduos de outras unidades de saúde do município, porém, com o aumento da demanda do HAC, a mesma se tornou exclusiva para o tratamento dos RSS gerados no Hospital.

## 5. Conclusões

A partir dos valores obtidos no estudo de caso, constata-se que o Hospital Amaral Carvalho apresenta uma geração média de RSS bastante próxima das encontradas em outros estudos da literatura. O valor de aproximadamente 3 kg/leito.dia não foi nem o maior nem o menor encontrado, encontrando-se próximo de hospitais do mesmo porte, como o analisado por Silva & Hoppe (2005) no Rio Grande do Sul.

Ressalta-se que os valores considerados para o HAC são referentes aos RSS que chegam ao incinerador, ou seja, que são considerados perigosos e que requerem tratamento específico. Como apresentado anteriormente, com a maior conscientização dos funcionários, que resultou no aperfeiçoamento na segregação dos RSS gerados, o hospital conseguiu reduzir 4 toneladas da quantidade anteriormente enviada para a incineração. Porém, como relatado durante as visitas, um dos principais problemas ainda enfrentados é que a segregação incorreta ainda é realizada pelos funcionários da área da saúde, como técnicos, auxiliares, enfermeiros e médicos, que são os principais geradores dos resíduos dentro das unidades do hospital.

Por mais que sejam realizadas oficinas de conscientização dos funcionários da área da saúde para que estes façam a segregação correta dos resíduos, o problema da separação incorreta dos resíduos é recorrente no HAC, e em outros hospitais, como relatado nos outros estudos apresentados. Com isso, as quantidades de resíduos que são destinados para tratamento especializado tornam-se consideráveis, sendo que parte destes poderiam passar por reciclagem ou mesmo sendo destinados para um aterro licenciado.

Além do problema dos profissionais da área da saúde, o HAC relatou que por conta de serem todos acondicionados no expurgo, alguns resíduos do Grupo D entram em contato com os demais resíduos perigosos, sendo contaminados por estes, o que torna necessário seu envio para o incinerador. Uma solução seria a separação dos resíduos mesmo dentro do expurgo, selecionando áreas para cada tipo de resíduo gerado dentro dos setores do Hospital, o que reduziria a quantidade de resíduos enviadas para a Central de Tratamento. Isso já havia sido relatado na RDC nº 306 e na Resolução CONAMA nº 358.

Em relação aos custos de tratamento dos RSS, o HAC apresenta o valor mais baixo encontrado, em relação aos estudos considerados. Além disso, o hospital é o único que possui sua própria Central de Tratamento, um dos motivos pela grande diferença de valor. Os custos

da implantação da Central são elevados, porém, garantem uma segurança para o HAC, além do barateamento dos custos mensais em relação a destinação dos resíduos, já que a Central é de seu uso exclusivo.

Ademais, se a segregação dentro dos setores fosse feita corretamente, as quantidades de resíduos enviadas para a incineração seriam reduzidas, permitindo abrir um leque de opções para o hospital: o envio de resíduos de outras unidades para a Central de Tratamento, aumentando-se a renda arrecadada pelo hospital, que poderia ser revertida em melhorias nas tecnologias de tratamento aplicadas, como a construção de novas fornalhas, que aumentariam a capacidade de tratamento da Central.

Por serem considerados perigosos, e poderem causar contaminação tanto no meio ambiente, quanto naqueles que entram em contatos com os mesmos, os RSS não podem passar por processos de reutilização e/ou reciclagem, como é proposto na PNRS como medida de gerenciamento. Por isso, a melhor opção para a redução da quantidade gerada é a segregação correta dos mesmos, para que os resíduos do Grupo D não sejam enviados sem necessidade para a incineração.

Por fim, salienta-se que a gestão e o gerenciamento dos RSS são de extrema importância tanto ambiental, quanto para a saúde pública. A segregação dos resíduos de serviços de saúde gerados dentro das unidades hospitalares deve ser monitorada por seus responsáveis e sempre passar por processos de otimização, pois além de evitar problemas ambientais, é possível obter benefícios econômicos, como a redução dos custos de tratamento dos resíduos, já que a quantidade de resíduos a ser enviada para esse processo é reduzida.



## Referências bibliográficas

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.004: *Resíduos Sólidos – Classificação*. 71p. Associação Brasileira de Normas Técnicas: Rio de Janeiro, 2004.
- \_\_\_\_\_. NBR 11.175: *Incineração de resíduos sólidos perigosos – Padrões de desempenho*. 5p. Associação Brasileira de Normas Técnicas: Rio de Janeiro, 1990.
- \_\_\_\_\_. NBR 12.208: *Resíduos de serviços de saúde – Classificação. Segunda edição*. 8p. Associação Brasileira de Normas Técnicas: Rio de Janeiro, 2016.
- ABRELPE – Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. *Panorama dos resíduos sólidos no Brasil*. 2014.
- ADUAN, S. A.; BRAGA, F. S.; ZANDONADE, E.; SALLES, D.; CUSSIOL, N. A. de M.; LANGE, L. C. Avaliação dos resíduos de serviço de saúde do Grupo A em hospitais de Vitória (ES), Brasil. *ESA - Engenharia Sanitária e Ambiental*, v.19, n.2, p. 133 – 141, abr./jun. 2004.
- ANDRÉ, S. C. S. Gerenciamento de resíduos de serviços de saúde em hospitais do município de Ribeirão Preto-SP: diagnóstico da situação. 2014. 246p. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto.
- ASSUNÇÃO, J. V.; PESQUERO, C. R. Dioxinas e furanos: origens e riscos. *Revista de Saúde Pública, Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo*. São Paulo. v. 33, n. 5, p. 523–530, out. 1999.
- BIDONE, F. R. A.; POVINELLI, J. Conceitos Básicos de Resíduos Sólidos. São Carlos: EESC/USP, 1999. 120 p.
- BRASIL. Lei Federal nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. *Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei 9.605 de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências*. Brasília, DF. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm). Acesso em março de 2016.
- \_\_\_\_\_. Poder executivo – Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. *Resolução nº 358, de 29 de abril de 2005*. Dispõe sobre o tratamento e a destinação final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências. 9p.
- DATASUS - DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA DO SISTEMA ÚNICO DE SAÚDE. Estabelecimentos de Saúde: Hospital Amaral Carvalho. Disponível em: [http://cnes2.datasus.gov.br/Exibe\\_Ficha\\_Estabelecimento.asp?VCo\\_Unidade=3525302083086](http://cnes2.datasus.gov.br/Exibe_Ficha_Estabelecimento.asp?VCo_Unidade=3525302083086) Acesso em 10 set. 2016.
- ELEUTÉRIO, J. P. L. Proposta de um modelo de negócio para a implantação de um sistema para tratamento de Resíduos de Serviços de Saúde. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Bauru, Bauru, 2009.
- GIL, T. N. L. Caracterização qualitativa e quantitativa dos resíduos de serviços de saúde gerados na Irmandade Santa Casa de Misericórdia de São Carlos, SP. 2007. 85 p. Trabalho de Graduação (Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.
- HADDAD, C. M. C. Resíduos de serviços de saúde de um hospital de médio porte no município de Araraquara: Subsídios para elaboração de um Plano de Gerenciamento. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente) – Centro Universitário de Araraquara, Araraquara.
- HOSPITAIS SAUDÁVEIS. 2016. Disponível em: <http://www.hospitaissaudaveis.org/>. Acesso em 20 set. 2016.

- HOSPITAL AMARAL CARVALHO. *Números da Fundação em 2015*. Disponível em: [http://www.amaralcarvalho.org.br/amaralcarvalho/pt/fundacao-conteudo/visualizar/codfundacao\\_conteudo/3/numeros-da-fundacao.html](http://www.amaralcarvalho.org.br/amaralcarvalho/pt/fundacao-conteudo/visualizar/codfundacao_conteudo/3/numeros-da-fundacao.html). Acesso em 20 set. 2016.
- \_\_\_\_\_. Hospital Amaral Carvalho é certificado como Amigo do Meio Ambiente. 2016. Disponível em: [http://www.amaralcarvalho.org.br/amaralcarvalho/pt/destaques-conteudo/visualizar/coddestaques\\_conteudo/1833/hospital-amaral-carvalho-e-certificado-como-amigo-do-meio-ambiente.html](http://www.amaralcarvalho.org.br/amaralcarvalho/pt/destaques-conteudo/visualizar/coddestaques_conteudo/1833/hospital-amaral-carvalho-e-certificado-como-amigo-do-meio-ambiente.html). Acesso em 21 set. 2016.
- JONES, D. A., LELYELD, S. D., MAVROFIDIS, S. D., KINGMAN, S. W., MILES, N. J. Microwave heating applications in environmental engineering – a review. 2002. Resources, Conservation and Recycling, n. 34, p. 75-90.
- MARTIN, D. I., MARGARITESCU, I., CIRSTEAN, E., TOGOE, I., IGHIGEANU, D., NEMTANU, M. R. M. OPROIU, C., IACOB, N. Application of accelerated electron beam and microwave irradiation to biological waste treatment. 2005. Vacuum: Surface Engineering, Surface Instrumentation & Vacuum Technology, n. 77, p. 501-506.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. *Manual de gerenciamento de resíduos de serviços de saúde*. Brasília: Ministério da Saúde, 2006.
- \_\_\_\_\_. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. *Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 306, de 7 de dezembro de 2004*. Dispõe sobre o Regulamento Técnico para o gerenciamento de resíduos de serviços de saúde.
- MONTEIRO, J. H. P. ...[et al]. Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos. Coordenação técnica: Victor Zular Zveibil. Rio de Janeiro: IBAM, 2001.
- OMETTO, A. *Incremento da Reciclagem: Gerando benefícios sociais*. Rede global de hospitais verdes e saudáveis. 2014.
- PEREIRA, S. S.; LUCENA, L. L.; FERNANDES, A. Resíduos de serviço de saúde em um hospital de Campina Grande/PB: gestão e percepção ambiental. Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional, Taubaté, v. 6, n. 3, p. 155-186, set./dez. 2010.
- PICHTTEL, J. Waste management practices: municipal, hazardous, and industrial. CRC Press, 688 p.
- PUGLIESI, E. Estudo da evolução da composição dos Resíduos de Serviços de Saúde (RSS) e dos procedimentos adotados para o seu gerenciamento integrado, no Hospital Irmandade Santa Casa de Misericórdia de São Carlos – SP. 2010. 174 p. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.
- SÃO PAULO (Estado). Lei Estadual nº 12.300, de 16 de março de 2006. Institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos e define princípios e diretrizes, D.O.E. Executivo, de 17 mar. 06, 2006.
- SAÚDE SEM DANO. Sobre nós. Disponível em: <https://saudesemdano.org/america-latina/nos>. Acesso em 20 set. 2016.
- SCHALCH, V., CASTRO, M. A. S., CÓRDOBA, R. E. Tratamento e disposição final ambientalmente adequada de resíduos sólidos. São Carlos: EESC/USP - Neper. 2015.
- SILVA, C. E.; HOPPE, A. E. Diagnóstico dos Resíduos de Serviços de Saúde no Interior do Rio Grande do Sul in: Engenharia Sanitária e Ambiental, Vol. 10 – Nº 2 – abr/jun, p. 146-151, 2005.
- TCHOBANOGLOUS, G. THEISEN, H.; ELIASSEN, R. Solid wastes: Engineering principles and management issues. EUA: McGraw-Hill, 1977.

- VENTURA, K. S. Modelo de avaliação do gerenciamento de resíduos de serviços de saúde (RSS) com uso de indicadores de desempenho. Estudo de caso: Santa Casa de São Carlos – SP. 2009. 258p. Tese (Doutorado em Engenharia – Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.
- VHR EQUIPAMENTOS. Autoclave. Disponível em: <http://vhr.ind.br/autoclave>. Acesso em 29 set. 2016.
- WALM. Plano Municipal de Saneamento Básico de Araraquara-SP. Relatório de Minuta do Plano Consolidado. 2014.
- ZHOU, H.; MENG, A.; LONG, Y.; LI, Q.; ZHANG, Y. A review of dioxin-related substances during municipal solid waste incineration. Waste Management 36, p. 106-118. 2015.

## Apêndices

### *Apêndice 1 – Questionário sobre os RSS, preparado para a visita ao HAC*

1. Existe um Plano de Gerenciamento de RSS no Hospital? Se sim, quando foi sua elaboração?
2. O Hospital possui infraestrutura (veículos e funcionários) para coleta e transporte dos RSS? Se sim, quantos veículos e quantos funcionários?
3. O Hospital tem infraestrutura para o tratamento e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos dos RSS?
4. Como os RSS são separados dentro dos setores?
5. Como foi/é a capacitação dos funcionários do hospital em relação aos RSS?
6. Como é o local de armazenamento dos RSS no hospital? O local é exclusivo para isso?
7. Como o transporte dos RSS coletado nos setores é feito até esse local? Em qual tipo de veículo (caminhão – furgão, compactador, carroceria aberta, ônibus, entre outros)?
8. Qual é a quantidade de geração de RSS por mês no hospital?
9. Quem é o responsável pelos RSS no hospital? Um funcionário, um setor?
10. Há licença de operação vigente para o processo de tratamento dos RSS adotado? Se sim, quando foi a última renovação?
11. Qual a última data da realização do teste de queima?
12. Há a quantificação entre os diferentes tipos/classe de RSS gerados no Hospital?
13. Há pratica como redução, reutilização, reciclagem (dos resíduos que são passíveis disso) e recuperação dos RSS?
14. Algum tipo de RSS recebe algum tipo de tratamento prévio no estabelecimento de saúde antes de ser acondicionado? Se sim, qual resíduo e qual tratamento?
15. Qual a frequência da coleta dos RSS no Hospital? Quais são os horários?
16. Existe uma rota de coleta dos resíduos?
17. Onde são embalados os resíduos do Grupo A: Infectantes? (Saco branco leitoso com identificação ou saco de lixo comum)
18. Como é feita a coleta dos resíduos químicos (Grupo B - medicamentos vencidos, embalagens de soluções desinfetantes e descontaminante, revelador e fixador etc.)?
19. Onde são embalados e/ou acondicionados os resíduos perfuro cortantes Tipo E?
20. Qual a periodicidade da desinfecção do local onde os resíduos são armazenados?

21. Existe uma Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA)? Quem é o presidente/coordenador?
22. Existe a Comissão de Controle de Infecção Hospitalar (CCIH)? Quem é o presidente/coordenador?

*Apêndice 2 – Questionário sobre o tratamento dos RSS, preparado para a visita à Central de Tratamento*

1. Quando a Central de Tratamento foi criada?
2. Quais motivos levaram a Central a ser construída?
3. Qual o tipo de tratamento adotado pela Central?
4. Qual a capacidade da Central diária? E mensal?
5. De onde são provenientes os resíduos tratados na Central? É exclusivo do HAC?
6. Quantas vezes a Central precisou ser reformada?
7. Já ocorreram acidentes com os funcionários que trabalham diretamente com as fornalhas?
8. Para onde são enviadas as escórias do processo? E o lodo?
9. Quando foi realizado o último teste de queima das fornalhas? A Central possui licença de operação válida?
10. Quais os grupos de resíduos tratados nas fornalhas?
11. Quantas vezes por dia chegam resíduos na Central? Quem realiza o transporte?
12. Onde é feita a pesagem dos RSS que chegam?