



**ESCOLA POLITÉCNICA**  
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
Departamento de Engenharia **Hidráulica e Ambiental**

# PHA3556 - Tecnologias de Tratamento de Resíduos Sólidos

**Aula 09:** Tratamento de Resíduos de Serviços de Saúde

Prof. Dr. Ronan Cleber Contrera

# Resíduos de Serviços de Saúde

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental – Professor Dr. Ronan Gleber Contrera

- **Definição:**

- São resíduos infectantes, especiais e comuns originados em atividades de serviços de saúde humana ou animal tais como: hospitais, clínicas médicas, centros de saúde, postos de saúde, laboratórios, farmácias, clínicas odontológicas, clínicas veterinárias, centros de pesquisa, necrotérios, serviços de medicina legal, centros de controle de zoonoses, etc..

- **Classificações:**

- NBR-10004/2004;
- NBR-12808/1993;
- Conama 358/2005.

# Resíduos de Serviços de Saúde

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental – Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- **Classificação pela Resolução Conama 358/2005:**
  - Grupo A (A1 a A5):
    - Resíduos com a possível presença de agentes biológicos que, por suas características de maior virulência ou concentração, podem apresentar risco de infecção.
  - Grupo B:
    - Resíduos contendo substâncias químicas que podem apresentar risco à saúde pública ou ao meio ambiente, dependendo de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade e toxicidade.
  - Grupo C:
    - Quaisquer materiais resultantes de atividades humanas que contenham radionuclídeos em quantidades superiores aos limites de eliminação especificados nas normas da Comissão Nacional de Energia Nuclear-CNEN e para os quais a reutilização é imprópria ou não prevista.

# Resíduos de Serviços de Saúde

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental – Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- **Classificação pela Resolução Conama 358/2005:**
  - Grupo D:
    - Resíduos que não apresentem risco biológico, químico ou radiológico à saúde ou ao meio ambiente, podendo ser equiparados aos resíduos domiciliares.
  - Grupo E:
    - Materiais perfuro-cortantes ou escarificantes, tais como: lâminas de barbear, agulhas, escalpes, ampolas de vidro, brocas, limas endodônticas, pontas diamantadas, lâminas de bisturi, lancetas; tubos capilares; micropipetas; lâminas e lamínulas; espátulas; e todos os utensílios de vidro quebrados no laboratório (pipetas, tubos de coleta sanguínea e placas de Petri) e outros similares.

# Resíduos de Serviços de Saúde

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental – Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- Classificação pela Resolução Conama 358/2005:



# Geração de RSS

- **Geração de Resíduos:**

- É bastante variável dependendo do tipo serviço de saúde e varia também de um estabelecimento para outro mesmo prestado o mesmo tipo de serviço.
- Nos hospitais, por exemplo, depende do tipo de hospital, dos hábitos, dos procedimentos médicos, se o hospital é público ou privado, etc..
- Geração per-capita em hospitais (kg/leito.dia)
  - Canadá → 11,4 kg/leito.dia;
  - Estados Unidos → 5,0 a 8,0 kg/leito.dia;
  - Reino Unido → 1,5 a 2,5 kg/leito.dia;
  - América Latina → 1,0 a 4,5 kg/leito.dia;
  - Brasil → 1,5 a 3,5 kg/leito.dia .
- Para concepções de unidades no Estado de São Paulo tem se adotado 5,0 kg/leito.dia.

# Geração de RSS

- **Geração de Resíduos:**

- Quando a unidade de saúde já é existente, a quantificação da geração de resíduos é feita por pesagem e normalmente os estabelecimentos e os órgãos públicos responsáveis pela gestão desses resíduos, possuem as séries históricas de geração desses resíduos no município.
- Normalmente as prefeituras e as instituições particulares de saúde possuem um controle e um histórico bem organizado da geração desses resíduos principalmente quando necessitam contratar serviços de terceiros para o tratamento.

# Caracterização dos RSS

- **Caracterização dos Resíduos:**
  - Depende da atividade de origem do resíduo, visto que existem diversas atividades e serviços de saúde que geram resíduos.
  - Normalmente são separados no estabelecimento, de acordo com a classificação da Resolução Conama 358/2005 para correta destinação de cada uma das respectivas frações.



# Quantificação dos RSS

- **Pesagem:**

- A quantificação dos resíduos de serviços de saúde deve ser feita por pesagem.
- Normalmente quando se existe cobrança por serviços de tratamento e destinação desses resíduos, esta cobrança é feita de acordo com a massa do resíduo a ser tratada ou destinada.

**DIMENSÕES E CAPACIDADES**

Para atendimento à frota rodoviária, dispomos das seguintes dimensões e capacidades de balanças:



10 m - 13 m

Dimensões	Capacidades	Divisão
4 m x 3 m	60.000 kg	10 kg
9 m x 3 m	34.000 kg	10 kg
11 m x 3 m	50.000 kg	10 kg



14 m - 18,15 m

Dimensões	Capacidades	Divisão
18 m x 3 m	60.000 kg	10 kg
19 m x 3 m	80.000 kg	10 kg
18 m x 3 m	100.000 kg	Dual Range 10/20 kg*
19 m x 3 m		

Modelos	Embutida		Semi-embutida		Sobrepiso	
Largura	3 m	3,2 m	3 m	3,2 m	3 m	3,2 m
Comprimento	9 m	40 t x 5 kg		40 t x 5 kg	40 t x 5 kg	
	18 m	60 t x 10 kg		60 t x 10 kg	60 t x 10 kg	
	18 m	80 t x 10 kg		80 t x 10 kg	80 t x 10 kg	
	21 m		80 t x 10 kg		80 t x 10 kg	80 t x 10 kg
	21 m		100 t x 20 kg		100 t x 20 kg	100 t x 20 kg
	25 m		100 t x 20 kg		100 t x 20 kg	100 t x 20 kg
	25 m		120 t x 20 kg		120 t x 20 kg	120 t x 20 kg
	30 m		100 t x 20 kg		100 t x 20 kg	100 t x 20 kg
	30 m		120 t x 20 kg		120 t x 20 kg	120 t x 20 kg
	30 m		160 t x 20 kg		160 t x 20 kg	160 t x 20 kg

Projeto disponíveis (laranja) / Projeto sob consulta (branco)

# Coleta e Transporte

- **Veículos para Coleta e Transporte:**
  - De acordo com a NBR-12810/1993, o veículo coletor deve:
    - a) ter superfícies internas lisas, de cantos arredondados e de forma a facilitar a higienização;
    - b) não permitir vazamento de líquido, e ser provido de ventilação adequada;
    - c) sempre que a forma de carregamento for manual, a altura de carga deve ser inferior a 1,20 m;
    - d) quando possuir sistema de carga e descarga, este deve operar de forma a não permitir o rompimento dos recipientes;
    - e) quando forem utilizados contêineres, o veículo deve ser dotado de equipamento hidráulico de basculamento;
    - f) para veículo com capacidade superior a 1,0 t, a descarga deve ser mecânica; para veículo com capacidade inferior a 1 t, a descarga pode ser mecânica ou manual;

# Coleta e Transporte

- **Veículos para Coleta e Transporte:**

- De acordo com a NBR-12810/1993, o veículo coletor deve:
  - g) o veículo coletor deve contar com os seguintes equipamentos auxiliares: pá, rodo, saco plástico (ver NBR 9190) de reserva, solução desinfetante;
  - h) devem constar em local visível o nome da municipalidade, o nome da empresa coletora (endereço e telefone), a especificação dos resíduos transportáveis, com o número ou código estabelecido na NBR 10004, e o número do veículo coletor;
  - i) ser de cor branca;
  - j) ostentar a simbologia para o transporte rodoviário (ver NBR 7500), procedendo-se de acordo com a NBR 8286.

## **Notas:**

- a) Os resíduos comuns podem ser coletados e transportados em veículos de coleta domiciliar, não se aplicando a eles a exigência de sacos com cor branca, desde que haja cumprimento das normas de segregação no serviço de saúde.
- b) Os resíduos especiais devem ser coletados e transportados em veículos que atendam às exigências dos órgãos competentes, no que couber.

# Coleta e Transporte

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental – Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- Veículos para Coleta e Transporte:



- Acondicionamento dos Resíduos e Identificação:



# Legislação

- POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS (PNRS) Lei nº 12.305, de 2010, regulamentada pelo Decreto nº 7.404 de 2010.
- POLÍTICA ESTADUAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS (PERS) Lei Estadual nº 12.300, de 2006, regulamentada pelo Decreto nº 54.645 de 2009.
- RESOLUÇÃO CONAMA Nº 283, de 2001. Dispõe sobre o tratamento e a destinação final dos resíduos dos serviços de saúde.
- RESOLUÇÃO CONAMA Nº 358, de 2005. Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências.
- RESOLUÇÃO CONAMA Nº 6, de 1991. Dispõe sobre o tratamento de resíduos sólidos provenientes de estabelecimentos de saúde, portos e aeroportos.
- RESOLUÇÃO SMA-103, de 2012 – Estado de São Paulo. Dispõe sobre a fiscalização do gerenciamento de resíduos de serviços de saúde.
- RESOLUÇÃO SMA-31, de 2003 – Estado de São Paulo. Dispõe sobre procedimentos para o gerenciamento e licenciamento ambiental de sistemas de tratamento e disposição final de resíduos de serviços de saúde humana e animal no Estado de São Paulo.

# Normatização

- NBR 12.807 - Resíduos de Serviços de Saúde – Terminologia.
- NBR 12.808 - Resíduos de Serviços de Saúde – Classificação.
- NBR 12.809 - Manuseio de Resíduos de Serviços de Saúde – Procedimento.
- NBR 12.810 - Coleta de Resíduos de Serviços de Saúde – Procedimento.

# Sistemas de Tratamento de RSS

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental – Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- **Tipos de Sistemas:**

- 1) Destruição Térmica;

- Incineração

- Pirólise

- 2) Processos Térmicos de Esterilização à Vapor;

- Autoclave

- Micro-ondas

- 3) Radiação Ionizante;

- 4) Desinfecção Química.

# Sistemas de Tratamento de RSS

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental – Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- **Tipos de Sistemas:**
  - Custos relativos.

Tipo de processo	Custo operacional (US\$/t)
Incineração	150 a 180
Pirólise	120 a 180
Radiação ionizante	75 a 90
Microondas	75 a 85
Autoclavagem	45 a 75
Desinfecção química	35 a 50



# Sistemas de Tratamento de RSS

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental – Professor Dr. Ronan Gleber Contrera

- **1.1) Incineração:**

- É um dos sistemas de tratamento de RSS mais utilizados no Brasil;
- Apresenta como principal vantagem a redução do volume de resíduos a cerca de 10% do volume inicial.
- A destinação final das cinzas e escórias normalmente é realizada em aterros.
- A incineração dos resíduos ocorre na faixa de 800 a 1000 °C com completa destruição dos patógenos.
- A principal desvantagem desse processo é o elevado custo inicial para implantação, tanto do incinerador, quanto do sistema de tratamento de gases e material particulado.

# Sistemas de Tratamento de RSS

- **1.2) Pirólise:**

- Ainda muito pouco utilizada para tratamento de RSS.
- Seu princípio baseia-se no tratamento através da decomposição térmica em atmosfera redutora autossustentável (deficiente de oxigênio), provocando sua carbonização com significativa perda de massa e redução de volume.
- Este processo requer uma fonte externa de calor para aquecer a matéria e a temperatura pode variar de 300 a mais de 1000°C.
- Os resíduos quando submetidos a este processo são convertidos em três grupos de subprodutos:
  - Gases, constituídos principalmente de hidrogênio, metano e monóxido de carbono;
  - Combustível líquido, composto principalmente por hidrocarbonetos, álcoois e ácidos orgânicos;
  - Resíduos constituídos por carbono quase puro (char), vidro, metais e outros materiais inertes (escórias).

# Sistemas de Tratamento de RSS

- **2.1) Processo de Esterilização a Vapor por Autoclave:**

## **Etapas do Processo:**

- 2.1.1) Pesagem e Medição dos RSS
- Ao chegar na instalação os resíduos são pesados em balança rodoviária existente no local e o operador que registra o peso e a origem dos RSS.
- No momento da pesagem, pode-se verificar também o nível de radiação dos resíduos recebidos por meio de um medidor de radiação portátil, tipo "Geiger".
- Caso o detector acuse um nível de radiação superior ao estabelecido pelas Normas dos órgãos competentes, os resíduos deverão retornar ao gerador e aguardar decaimento do nível de radiação, antes dos mesmos retornarem à unidade de tratamento.

# Sistemas de Tratamento de RSS

- **2.1) Processo de Esterilização a Vapor por Autoclave:**
  - 2.1.2) Recepção e Armazenamento dos RSS
    - Os resíduos recepcionados são descarregados em uma área destinada à recepção dos resíduos a granel. Nesta, existe uma estrutura em aço inox, onde se apoiam esteiras rolantes ascendentes, que receberão e encaminharão os resíduos diretamente, sem contato manual, em contêineres de polietileno móveis; evitando assim possíveis acidentes de trabalho.
    - Esses contêineres móveis, de capacidade de 800 Litros, são fechados e encaminhados para a área de armazenamento de RSS aguardando o momento do tratamento.
    - Como os contêineres são dotados de tampa, minimizam e até evitam a presença de moscas e o mau cheiro dos RSS.

# Sistemas de Tratamento de RSS

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental – Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- **2.1) Processo de Esterilização a Vapor por Autoclave:**
  - 2.1.3) Tratamento com Pré-trituração
    - **a) Carregamento**
      - Os contêineres de polietileno móveis abastecidos de resíduos são elevados até o topo da autoclave, alimentando-a pela abertura da "tampa superior".
      - Após a descarga destes resíduos, essa "tampa superior" é fechada e travada por meio de travas acionadas por acionamento pneumático. O tempo médio de carregamento é de 8 (oito) minutos.



# Sistemas de Tratamento de RSS

- **2.1) Processo de Esterilização a Vapor por Autoclave:**
  - 2.1.3) Tratamento com Pré-trituração
    - ***b) Trituração***
      - Posteriormente ao fechamento da tampa superior da autoclave será iniciada a trituração.
      - O triturador, dotado de lâminas de aço inoxidável, possui alta eficiência possibilitando a trituração de até pequenos instrumentos cirúrgicos de aço inoxidável, porém, esse não é um procedimento sistemático.
      - Uma alavanca interna, situada a montante do triturador dotada de uma pequena pá, se move continuamente no sentido pendular, de forma a pressionar os resíduos contra as lâminas do triturador garantindo assim a completa trituração de todo o volume de resíduos, inclusive sacos plásticos e caixas de papelão.
      - A trituração tem uma duração média de 17 minutos. Durante esta operação, a temperatura dos resíduos sofre uma pequena elevação devido ao calor gerado no atrito das lâminas do triturador com os resíduos.

# Sistemas de Tratamento de RSS

- **2.1) Processo de Esterilização a Vapor por Autoclave:**
  - 2.1.3) Tratamento com Pré-trituração
  - ***c) Peneiramento***
    - Após a etapa de trituração, ocorrerá o peneiramento através de uma tela metálica cuja função será somente a de permitir a passagem dos resíduos para a câmara de esterilização com granulometria requerida para a ação efetiva do vapor aquecido.
    - Os rotores do triturador, em intervalos regulares, invertem os seus movimentos de rotação, e assim alguma porção de resíduo que não tenha passado pela tela metálica é retirada e retorna para a área de trituração.

# Sistemas de Tratamento de RSS

- **2.1) Processo de Esterilização a Vapor por Autoclave:**
  - 2.1.3) Tratamento com Pré-trituração
  - ***d) Esterilização***
    - Após a trituração e a passagem pela tela metálica os resíduos seguem para câmara de esterilização.
    - Nesta etapa, é introduzido vapor d'água na autoclave, elevando a temperatura interna para 138 °C, com uma pressão de 3,8 bar.
    - Esta temperatura é mantida por aproximadamente 3 minutos até que a temperatura e a pressão sejam equalizadas em todo o equipamento (câmara superior, triturador e câmara de esterilização).
    - A esterilização dos resíduos é obtida, mantendo-se por cerca de 17 minutos as condições de temperatura e pressão.



# Sistemas de Tratamento de RSS

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental – Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- **2.1) Processo de Esterilização a Vapor por Autoclave:**
  - 2.1.3) Tratamento com Pré-trituração
  - ***d) Esterilização***
    - A temperatura é controlada por um termômetro localizado no centro da câmara de esterilização.
    - As condições de esterilização serão mantidas até que a tampa inferior de descarga seja aberta.



# Sistemas de Tratamento de RSS

- **2.1) Processo de Esterilização a Vapor por Autoclave:**
  - 2.1.3) Tratamento com Pré-trituração
  - ***e) Resfriamento***
    - Após cessar a entrada de vapor aquecido no interior da autoclave, a temperatura é reduzida pela passagem de água fria através de uma camisa externa existente no equipamento.
    - A água de resfriamento não entra em contato com os resíduos.
    - Com o resfriamento, a pressão interna na autoclave se reduzirá até ficar igual à pressão ambiente.

# Sistemas de Tratamento de RSS

- **2.1) Processo de Esterilização a Vapor por Autoclave:**
  - 2.1.3) Tratamento com Pré-trituração
  - ***f) Drenagem dos líquidos condensados***
    - Após o resfriamento, o vapor d'água esterilizado e condensado e a água de resfriamento serão drenados para um reservatório.
    - Esse efluente permanecerá recirculando em uma Torre de Resfriamento que resfriará o mesmo para no máximo 32 °C, e em seguida deverá ser tratado, reciclado em uma Estação de Tratamento de Efluente projetada especialmente para este fim.

# Sistemas de Tratamento de RSS

- **2.1) Processo de Esterilização a Vapor por Autoclave:**
  - 2.1.3) Tratamento com Pré-trituração
  - ***g) Drenagem dos gases e vapores***
    - Antes da abertura da autoclave é gerado vácuo no interior da mesma, através de uma bomba integrada ao conjunto, para garantir a retirada de todos os gases do seu interior.
    - Os gases passam por sistemas de exaustão existentes em cada autoclave, dotados de filtros bactericidas.
  - ***h) Descarga***
    - Após o encerramento do ciclo de esterilização, é então deslocado e encaixado abaixo da tampa superior, um contêiner móvel em aço inox que receberá os resíduos tratados após abertura desta tampa.

# Sistemas de Tratamento de RSS

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental – Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- **2.1) Processo de Esterilização a Vapor por Autoclave:**
  - 2.1.4) Destinação Final dos Resíduos Tratados
    - Após o tratamento, estando os resíduos descaracterizados (pela trituração) e esterilizados, os mesmos serão encaminhados para um aterro classe II.
    - O transporte deste resíduo, mesmo esterilizado não dispensa a obtenção do Cadri.



# Sistemas de Tratamento de RSS

- **2.2) Processo de Esterilização a Vapor por Micro-ondas:**
  - O tratamento por micro-ondas é muito parecido com o tratamento por autoclave.



# Sistemas de Tratamento de RSS

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental – Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- **2.2) Processo de Esterilização a Vapor por Micro-ondas:**
  - Após a passagem pelo equipamento o volume do resíduo é reduzido em cerca de 20% (devido à trituração).
  - Por fim, depois de tratado (esterilizado) e descaracterizados (pela trituração) os resíduos são encaminhados para um aterro classe II.



# Sistemas de Tratamento de RSS

- **3) Radiação Ionizante:**

- Neste processo, os resíduos são submetidos à ação de raios gama, utilizando-se uma fonte radioativa que esteriliza os microrganismos.
- A ionização é mais utilizada na esterilização de produtos farmacêuticos e alimentos, sendo ainda pouco utilizada como tratamento de RSS.
- Devido ao rigor técnico necessário e aos requisitos de estrutura e tecnologia para sua utilização, a ionização não tem sido ainda empregada para o tratamento dos RSS no Brasil.



# Sistemas de Tratamento de RSS

- **3) Radiação Ionizante:**

- Entre as vantagens do tratamento pode-se citar:
  - Alta eficiência;
  - Grande poder de penetração da radiação.
- O tratamento por ionização apresenta as seguintes desvantagens em relação aos demais métodos apresentados:
  - Complexidade de operação para manutenção das condições de segurança;
  - Alto custo de instalação; e
  - No fim da vida útil do equipamento, a fonte de irradiação se torna rejeito radioativo de alta periculosidade, causando um problema quanto à sua disposição final.

# Sistemas de Tratamento de RSS

- **4) Desinfecção Química:**

- O tratamento químico se baseia na ação de produtos químicos, associados a outros fatores (temperatura, trituração, controle de pH), e visa a eliminação dos microrganismos.
- Certos produtos químicos podem sofrer processo de inativação na presença de matéria orgânica e, de maneira geral, sofrem os efeitos de diluição em líquidos e baixo poder de penetração em resíduos sólidos.
- A eficácia do tratamento depende ainda do tipo e concentração do produto químico utilizado, além do período de exposição (tempo de contato).

# Sistemas de Tratamento de RSS

- **4) Desinfecção Química:**

- Sistemas de tratamento químico podem ser implementados, havendo a trituração prévia dos resíduos que são carregados em um equipamento de forma semelhante aos utilizados no tratamento por autoclave ou micro-ondas.
- Os resíduos granulados são submetidos a uma solução desinfetante, onde permanecem por alguns minutos.
- Antes da descarga, a massa de resíduos passa por um estágio de extração dos líquidos, que são reaproveitados no processo e neutralizados antes do descarte.
- Como os sistemas utilizam compostos clorados no tratamento, deve-se monitorar o nível de cloro presente nos resíduos tratados e no ar dos ambientes próximos.

# Sistemas de Tratamento de RSS

- **4) Desinfecção Química:**

- Como vantagens, o tratamento químico apresenta:
  - Custo operacional baixo;
  - Baixo investimento inicial para o caso do tratamento local;
  - Possibilidade de realização do tratamento no próprio local de geração.
- Porém, o método apresenta as seguintes desvantagens:
  - Ineficaz contra patógenos resistentes ao desinfetante utilizado;
  - Aumento da umidade do resíduo;
  - Não há redução de volume (a não ser que exista trituração); e
  - Necessidade de cuidados adicionais com os efluentes gerados.

# Bibliografia e Leitura Recomendada

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental – Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

## Leitura Mínima:

- BIDONE, F.R.A. e POVINELLI, J. (1999), Conceitos básicos de Resíduos Sólidos. EESC USP, Projeto REENGE, Escola de Engenharia de São Carlos. **Capítulo 6.**

## Leitura Adicional:

- Williams, P. T. (2005), Waste Treatment and Disposal. Wiley, Second Edition. **Chapter 6.**
- ??? (?) SAÚDE AMBIENTAL E GESTÃO DE RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE. In: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/UNIDADE05.pdf>