
Incineração e Geração de Energia por RSU e a Política Nacional de Resíduos Sólidos

Prof. Dr. Waldir Bizzo
Faculdade de Engenharia Mecânica
UNICAMP



Seminário “Rotas Tecnológicas para a gestão e tratamento de resíduos sólidos e a
reciclagem diante da PNRS”

FAFICH/UFMG

Observatório da Reciclagem Inclusiva e Solidária

25/setembro/2013

Hierarquia na gestão dos resíduos sólidos, segundo a PNRS

1. **Não geração**
2. **Redução**
3. **Reutilização**
4. **Reciclagem**
5. **Tratamento**
6. **Disposição final**

Recuperação energética é permitida desde que:

-Viabilidade técnica e ambiental seja comprovada

-Monitoramento das emissões gasosas aprovado pelo órgão ambiental

A aplicação da PNRS já é redutora de impactos ambientais.
Como efetivar sua aplicação??

Barreiras para a aplicação da hierarquia da gestão de RSU

■ Não geração, redução e reutilização

- Depende de mudança de costumes e paradigmas de consumo
- Ascensão de classes sociais tem introduzido nova parcela da população no mercado de consumo: aumento da geração de resíduos.

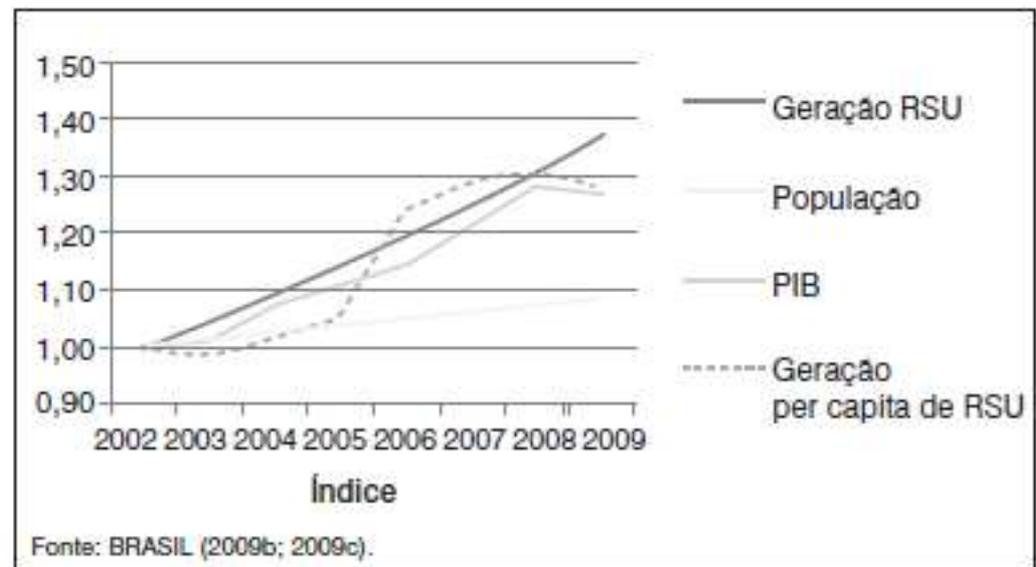


Figura 2 – Evolução da geração per capita de resíduos e do PIB no Brasil (2002–2009).

Barreiras para a aplicação da hierarquia da gestão de RSU

- **Não geração, redução e reutilização**
 - Prática da obsolescência programada por parte dos fabricantes de produtos dificulta a não geração, redução e reutilização
 - Opção preferencial por embalagens **não retornáveis** por parte do fabricantes e distribuidores

Composição típica do lixo domiciliar

Material	% pêsos	Campinas	Japão	USA	Itália	Irlanda
matéria orgânica		46	32	20	27,5	24,9
papel e papelão		20	38	47	27,5	34,7
plásticos		15	11	5,5	13,5	10,8
metal		4	6	8,5	3,5	2,9
vidro		2	7	8,5	8	6,3
têxteis e similares		8	6	3	12	2,1
diversos		5	0	7,5	8	18,3

RECICLÁVEIS

Outros componentes dos RSU

- Eletro-eletrônicos obsoletos
- Lâmpadas, pilhas e baterias
- Resíduos volumosos
- Resíduos de varrição e limpeza urbana
- Resíduos automotivos: pneus, auto-partes, carcaças de automóveis
- Resíduos dos serviços de saúde

Materiais recicláveis

- Plásticos
 - Papel e papelão
 - Metais
 - Vidros
 - Pneus (borracha e recuperação energética)
 - Placas de circuito eletrônico (recuperação de metais, tecnologia ainda em desenvolvimento)
 - Pilhas e baterias (Idem)
- Cerca de 30 a 40%
do lixo urbano*

Barreiras para a reciclagem

- Reciclagem é discutida e faz parte de inúmeros programas de governos municipais há mais de 20 anos
- No entanto, a coleta de recicláveis não atinge nem 3% dos RSU (potencial: 30 a 40%)
- Trata-se na maioria das vezes de um programa de alcance limitado e com aporte de recursos irrisórios

Barreiras para a reciclagem

- Os serviços de limpeza urbana, coleta e tratamento/disposição de resíduos sólidos costumam ter orçamentos da ordem de 5% dos orçamentos das prefeituras
- É usualmente o maior contrato de serviços vigente nas prefeituras
- Estima-se um mercado de serviços da ordem de 18 bilhões de reais

Barreiras para a reciclagem

- As ações de gestão de RSU na maioria das prefeituras resume-se no contrato de limpeza urbana
- As prefeituras abdicaram de seu poder e responsabilidade na gestão de RSU em favor das empresas de prestação de serviços de limpeza urbana
- A principal tarefa do setor responsável pela limpeza urbana nos municípios é o **gerenciamento** do “**contrato do lixo**” e não a gestão dos RSU

Barreiras para a reciclagem

- Os setores responsáveis pela gestão de RSU são normalmente desprovidos de recursos humanos capacitados
- São também desprovidos de recursos financeiros, pois todo o orçamento é destinado ao “contrato do lixo”
- Não possuem agilidade, nem criatividade, nem poder de decisão
- O paradigma vigente da gestão de RSU é a visão das empresas de prestação de serviços e NÃO a visão de sustentabilidade ambiental

Barreiras para a reciclagem

Capacitação técnica e autonomia do gestor e equipe responsável pela gestão do RSU em 20 municípios de uma região em SP

	% dos municípios
Gestor responsável tem perfil técnico adequado	30%
Existe programa de treinamento e capacitação da equipe	5%
Gestor tem autonomia para tomar decisões	20%

Fonte: Ferraz, 2008

Barreiras para a reciclagem

- As empresas prestadoras de serviços são desprovidas de tecnologia e inovação
- A coleta de lixo ainda é feita, na maioria dos municípios, por garis correndo atrás de caminhões de coleta.
- Um gari carrega por dia em média 4 a 6 ton de lixo e pode percorrer até 50 km diários.



Coleta de lixo no Brasil



Coleta mecanizada, outros países

Barreiras para a reciclagem

- Empresas prestadoras de serviços não possuem sistema de coleta de recicláveis apropriados para oferecer como serviços
- As prefeituras não investem em equipamentos para as cooperativas de catadores
- Os contratos de lixo são **incompatíveis** com os objetivos de **não geração e redução** pois são **remunerados por tonelada de lixo** coletado, tratado ou destinado
- As prefeituras não tem capacitação para propor ou exigir inovação tecnológica ou de gestão na coleta de recicláveis, seja em relação à empresas ou seja em relação à cooperativas de catadores

Tratamento de RSU com geração de energia

- **Tratamentos térmicos:**

- Incineração térmica com geração de vapor

- Pirólise/gaseificação:

- Auto-sustentada

- Assistida à plasma térmico

- CDR – combustível derivado de resíduo

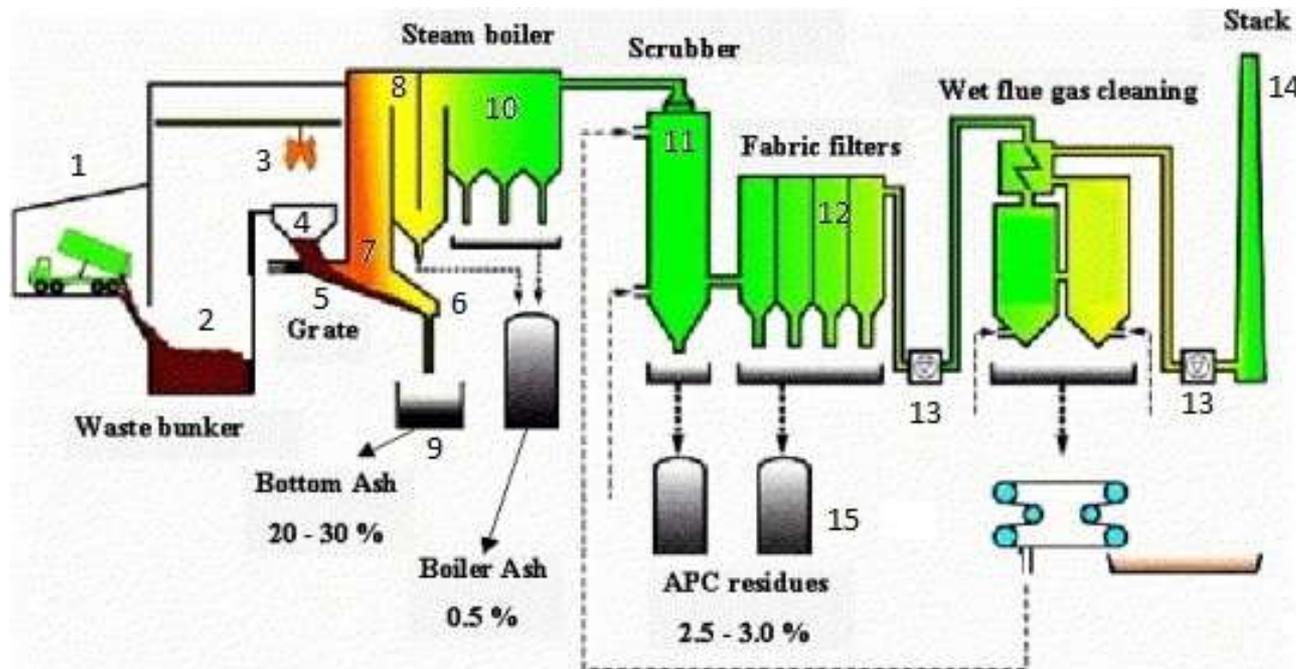
- **Tratamentos biológicos:**

- Aterro com recuperação de biogás

- Biodigestão anaeróbia em reatores

- A tecnologia mais tradicional e comprovada é a incineração com recuperação de energia
- Todas tecnologias exigem alto investimento, tem alto custo operacional e **exigem pessoal altamente qualificado**
- As emissões gasosas são passíveis de serem controladas: monitoramento eficaz é necessário

Incineração térmica com geração de vapor



Emissões gasosas:

SO_x

NO_x

HCl

material particulado

metais pesados

dioxinas e furanos

Resíduos sólidos:

- Cinzas

- Escória

- Metais pesados

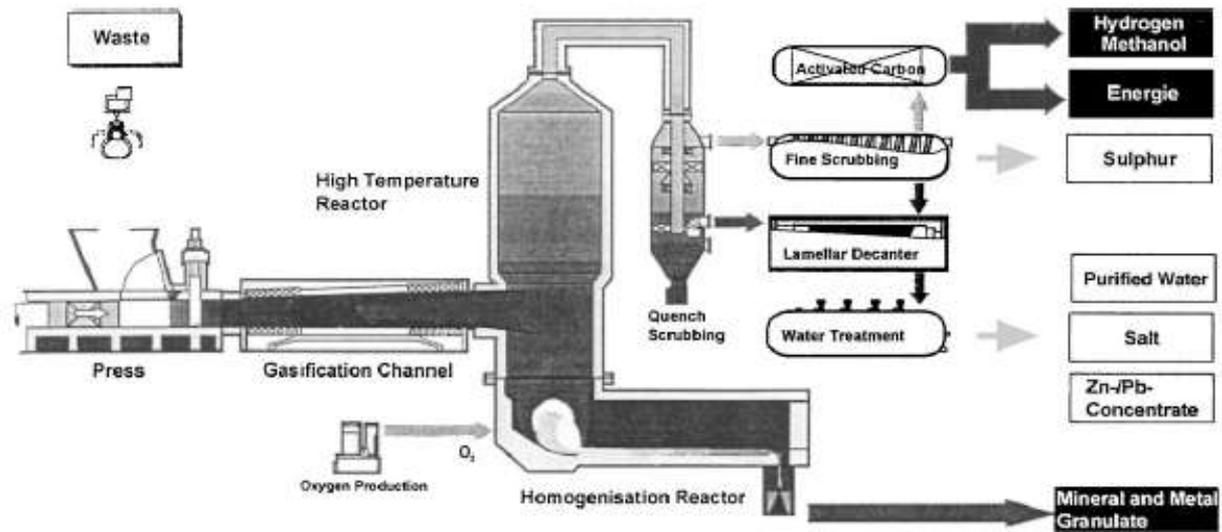
- Resíduos do sistema de limpeza de gases

Vapor → Turbina a vapor → energia elétrica

Pirólise/gaseificação

- Oxidação parcial dos compostos orgânicos (combustão com falta de ar):
 - Lignocelulósicos (madeira, papel, vegetais)
 - Polímeros sintéticos (plásticos)
- Produz “gás de síntese”: mistura de CO, CO₂, H₂, CH₄, N₂
- Gás de síntese serve com combustível a:
 - motor de combustão interna
 - ciclo de turbina à gás
 - gerador de vapor + turbina a vapor
- Eficiências de conversão dependem da tecnologia utilizada e da escala

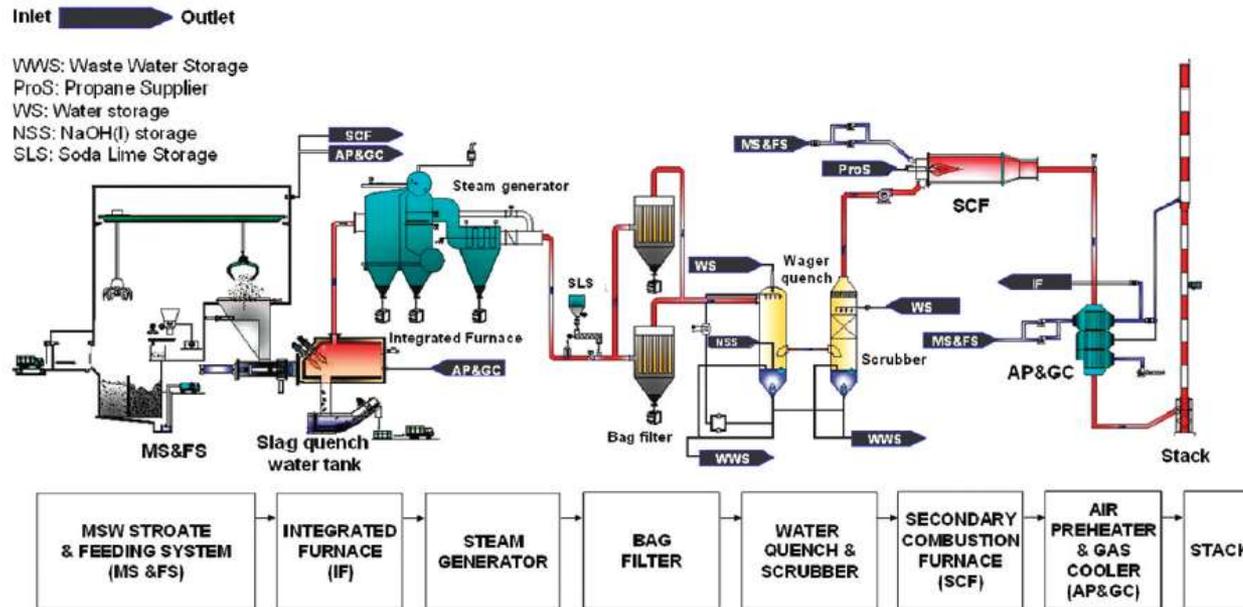
Pirólise/gaseificação auto-sustentada



Um exemplo: tecnologia Thermoselect

- Diversos arranjos e configurações
- Viabilidade técnica já provada
- Viabilidade econômica não comprovada: algumas plantas foram descontinuadas

Pirólise/gaseificação assistida a plasma térmico



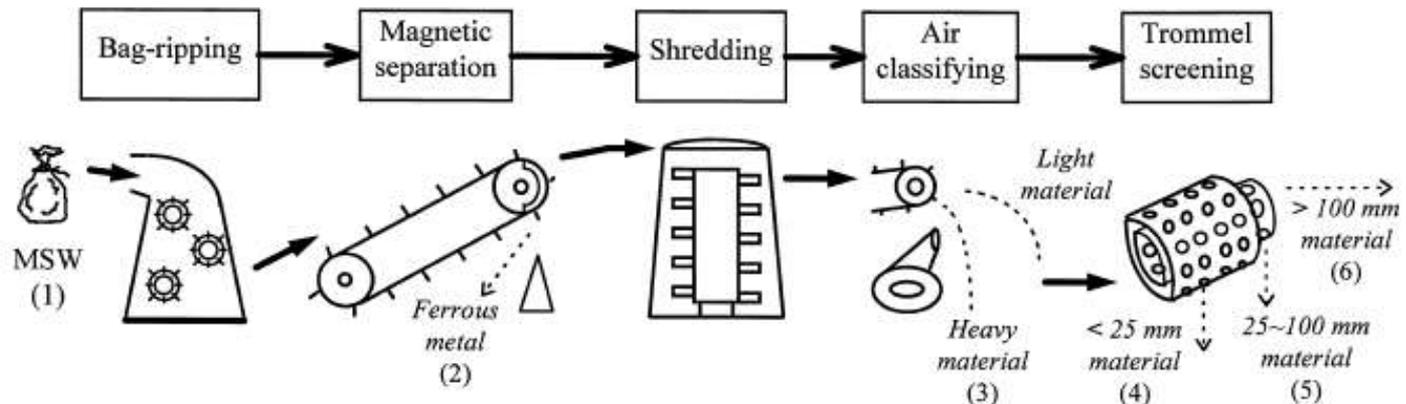
- Plasma térmico consome parte da energia elétrica gerada
- Eficiência térmica final tende a ser menor que a incineração térmica
- Viabilidade técnica comprovada em escala pequena e média (150 ton/dia)
- Tecnologia ainda não consolidada: apenas um fabricante com resultado comprovado

Pirólise/gaseificação

- Índice de emissões gasosas tende a ser menor que a incineração térmica devido a:
 - Maiores temperaturas (destruição de dioxinas)
 - Melhor retenção de particulado sólido
- Resíduo sólido gerado, geralmente vitrificado, apresenta-se inertizado
- Custos de investimento e de operação são incertos, devido a imaturidade da tecnologia.

CDR – combustível derivado de resíduo

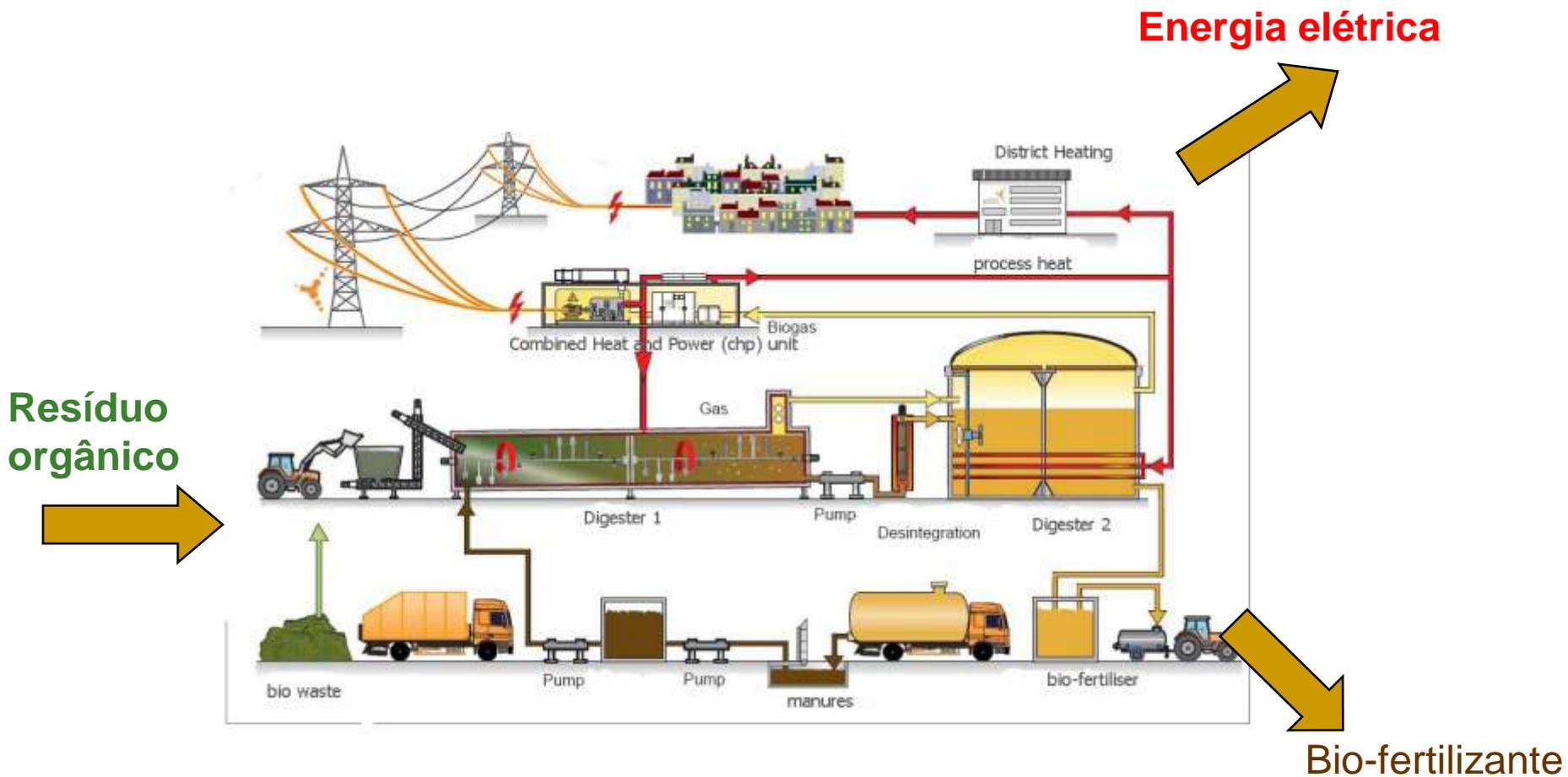
- CDR: produção de combustível sólido a partir do RSU
- Operações de trituração, separação de algumas parcelas (ferrosos e material pesado) e classificação em tamanho
- CDR pode ser distribuído para queima em caldeiras e fornos
- Equipamentos que queimam CDR não necessariamente possuem equipamentos de controle de emissões gasosas.
- O **impacto ambiental** da combustão do lixo é então “**distribuído**”: o monitoramento das emissões oriundas da incineração do lixo é praticamente impossível



Tratamentos biológicos

- Aterro com captação de biogás:
 - Técnica tradicional
 - Adaptável a antigos aterros
- Biodigestão anaeróbia em reatores
 - Tecnologia consolidada
 - Exclusiva para matéria orgânica biodegradável

Biodigestão anaeróbica em reatores



PNRS e a compostagem da parcela orgânica

- Segundo a PNRS o tratamento preferencial da parcela orgânica é a compostagem
- A compostagem é uma técnica viável para pequenos volumes de RSU
- A produção de composto orgânico em grande volumes impõem soluções tecnológicas sofisticadas
- A utilização do composto produzido em áreas metropolitanas implica transporte para áreas rurais:
 - Custo do transporte
 - Impactos ambientais associados
- A qualidade do composto somente pode ser assegurada se houver segregação eficaz dos RSU, direcionando somente a parcela orgânica à compostagem. Caso contrário há risco de contaminação do composto por metais pesados e outros poluentes.

Comparação tecnologias de tratamento RSU com geração de energia

Estimativa de custos para 200.000 ton/ano

	parte do RSU utilizável	tolerancia à umidade	Custo investimento (milhões €)	Custo operacional (€/ton)	tecnologia
Incineração térmica	até 100%	baixa	100~120	5~20	comercial
Pirólise/gaseificação	até 100%	baixa	~140	~60	em desenvolvimento
CDR	até 100%	média	~30	10~20	comercial
Aterro energético	100%	alta	3~5	2~5	comercial
Biodigestão em reatores	matéria orgânica	alta	40~80	10~20	comercial

Obs.: custos do aterro energético inclui somente a implantação do sistema de captação e geração de energia

Fontes: Econopoulos, 2010; Tsilemou e Panagiotakopoulos, 2006; Caputo e Pelagagge, 2002; Murphy e McGeogh, 2004; Henriques, 2004.

Destinação e impacto ambiental do rejeito

- As tecnologias de recuperação energética escondem algumas armadilhas em um ambiente de baixa cultura tecnológica e de baixa capacidade de gestão por parte das prefeituras:
 - A composição e características do RSU de países em desenvolvimento e clima tropical apresenta diferenças em relação aos países desenvolvidos (detentores das tecnologias)
 - A importação de tecnologia sem estudos adequados para adaptação pode trazer resultados inesperados
 - Os recicláveis (plástico e papel) são materiais altamente energéticos. Estes materiais serão disputados entre os empreendedores de Usinas de Recuperação Energética e as cooperativas de catadores.

Conclusões

- As prefeituras necessitam assumir a gestão integrada dos RSU (individual ou em consórcio)
- Há necessidade de um programa de formação de recursos humanos qualificados em gestão, tecnologias ambientais e tecnologias sociais
- O arcabouço legal de contratação de serviços não atende os requisitos de qualidade ambiental e sustentabilidade necessários à gestão integrada de RSU segundo os objetivos prioritários da PNRS: não-geração, redução e reutilização
- A entidade municipal responsável pela gestão de RSU necessita ter agilidade, flexibilidade, capacidade técnica, autonomia financeira e poder de decisão
- A adoção de tecnologias de tratamento ou recuperação energética deve ser feita com cuidadoso estudo de viabilidade técnica e ambiental, adaptação às condições locais e **não concorrência** com um sistema de reciclagem de materiais.

■ Referencias:

- Campos, H.K.T., 2012, Renda e evolução da geração per capita de resíduos sólidos no Brasil. Engenharia Sanitária e Ambiental, vol. 17, no.2 , 171-180.
- Caputo, A.C. e Pelagagge, P.M., 2002, RDF production plants: I Design and costs, Applied Thermal Eng, 22:423-437
- Econopoulos, A.P., 2010, Technoeconomic aspects of alternative municipal solid wastes treatment methods, Waste Manag, 30:707-715
- Ferraz, J.L., 2008, Modelo para avaliação da gestão municipal integrada de resíduos sólidos urbanos, tese de doutorado, Faculdade de Engenharia Mecânica, Unicamp.
- Henriques, R.M., 2004, Aproveitamento energético dos resíduos sólidos urbanos: uma abordagem tecnológica, dissertação de mestrado, COPPE/UFRJ.
- Murphy, J.D. e McKeogh, E., 2004, Technical, economic and environmental analysis of energy production from municipal solid waste, Renewable Energy, 29:1043-1057
- Tsilemou, K. e Panagiotakopoulos,D., 2006, Approximate cost functions for solid waste treatment facilities, Waster Manag Res, 24:310-322