

Restauração energética de resíduos

Letícia Macedo
Ademar Hakuo Ushima

*Palestra ministrada no Webinar no 4º Ciclo de Palestra para
gestores municipais da Investe SP. Investe SP
<https://www.youtube.com/user/InvesteSP/videos..>*

A série “Comunicação Técnica” compreende trabalhos elaborados por técnicos do IPT, apresentados em eventos, publicados em revistas especializadas ou quando seu conteúdo apresentar relevância pública.



INSTITUTO DE
PESQUISAS
TECNOLÓGICAS



**GOVERNO DO ESTADO
DE SÃO PAULO**

Seu desafio é nosso

Webinar

Recuperação energética de resíduos

Letícia Macedo (Cidades, Infraestrutura e Meio Ambiente)
Ademar Hakuo Ushima (Energia)

15/06/2021

Ciclo de Palestras para Gestores Municipais
Melhores práticas em energias renováveis

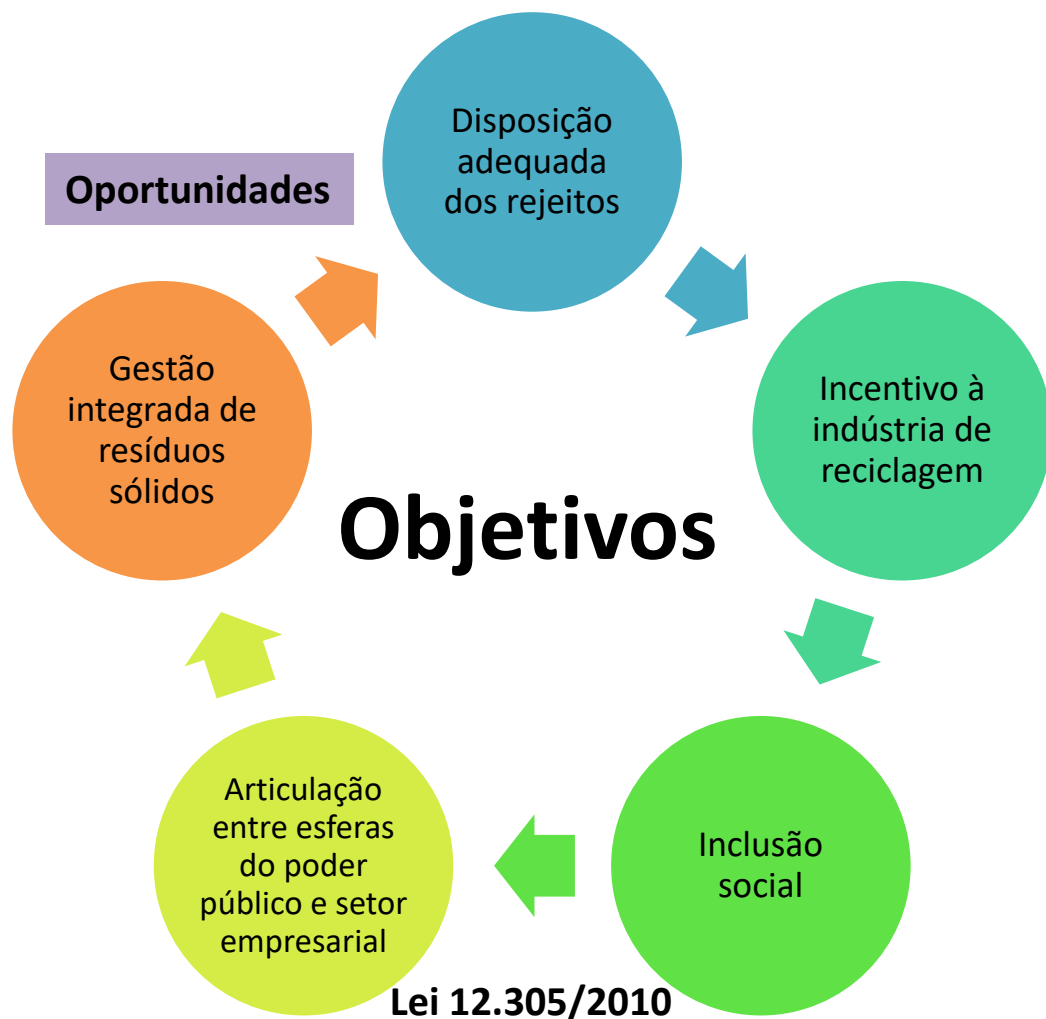


Conteúdo

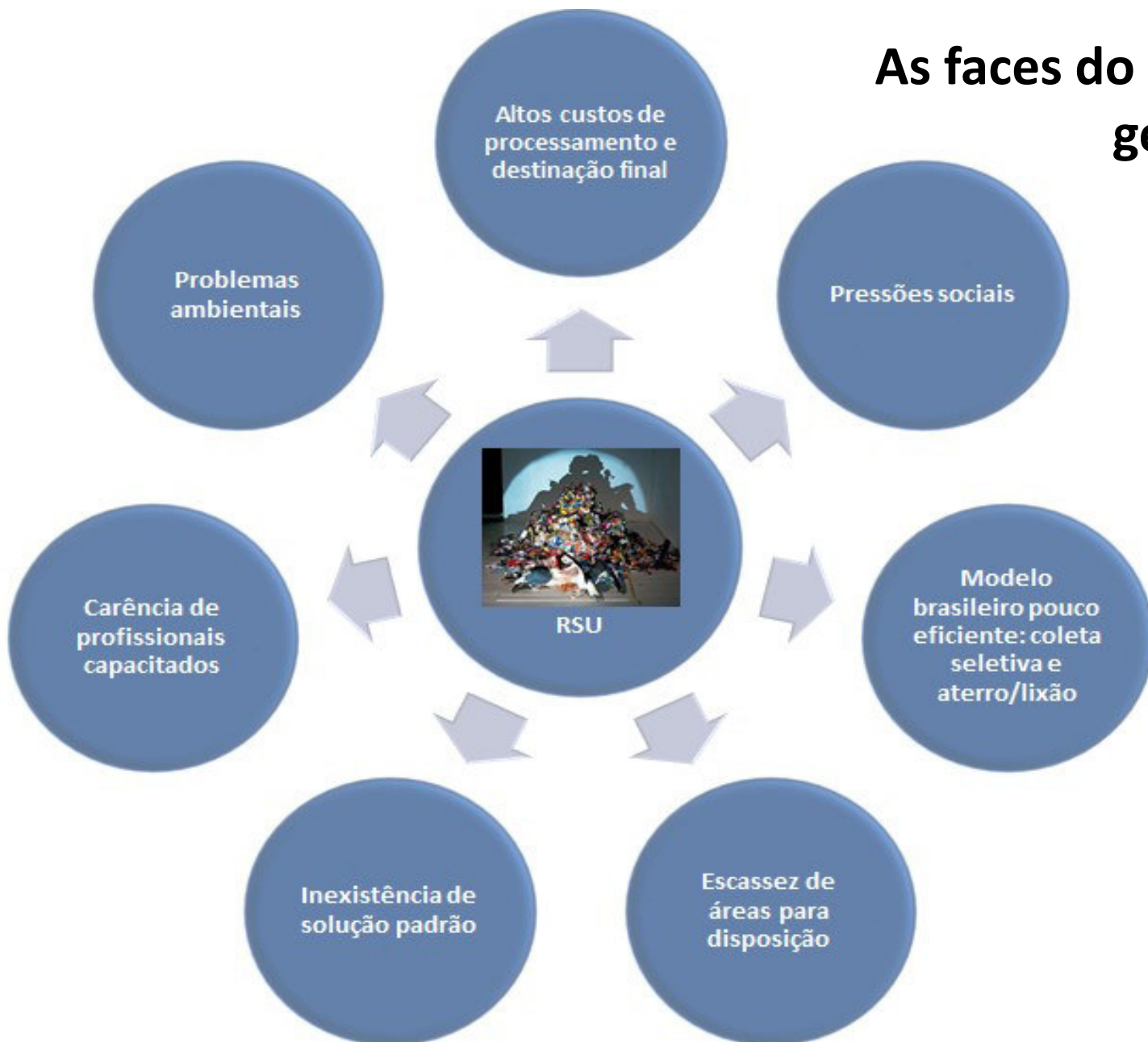
- Contextualização, Cenário e Conceitos
- Atuação do IPT e apoio aos municípios
- Recuperação energética por tratamento biológico

[Contextualização, Cenário e Conceitos

Balizadores



As faces do problema de gestão de RSU



Sistema Integrado de Resíduos Sólidos

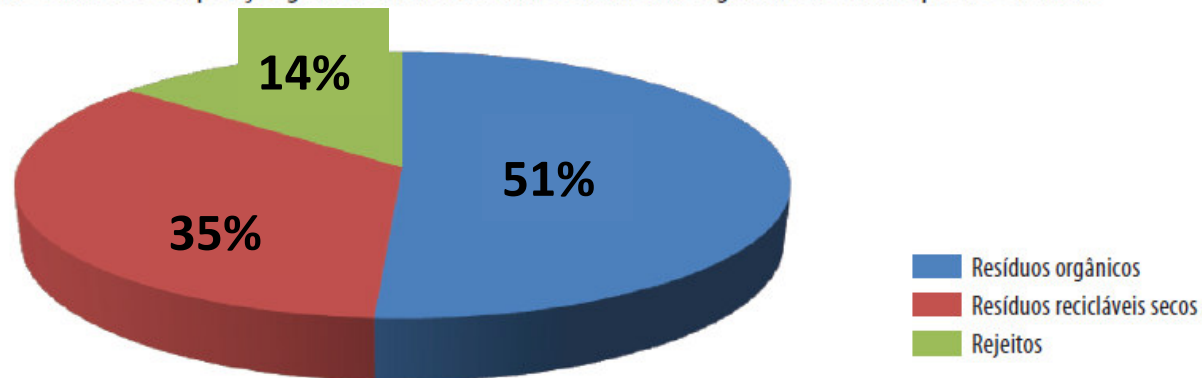
Um sistema integrado inclui a segregação na origem e a coleta de todos os tipos de resíduos e de todas as fontes, seguido por uma ou mais das seguintes opções: recuperação ou valorização secundária de materiais (reciclagem); tratamento biológico da matéria orgânica; tratamento térmico; e aterro sanitário.

Composição

Fatores que influenciam a geração e a composição dos resíduos:

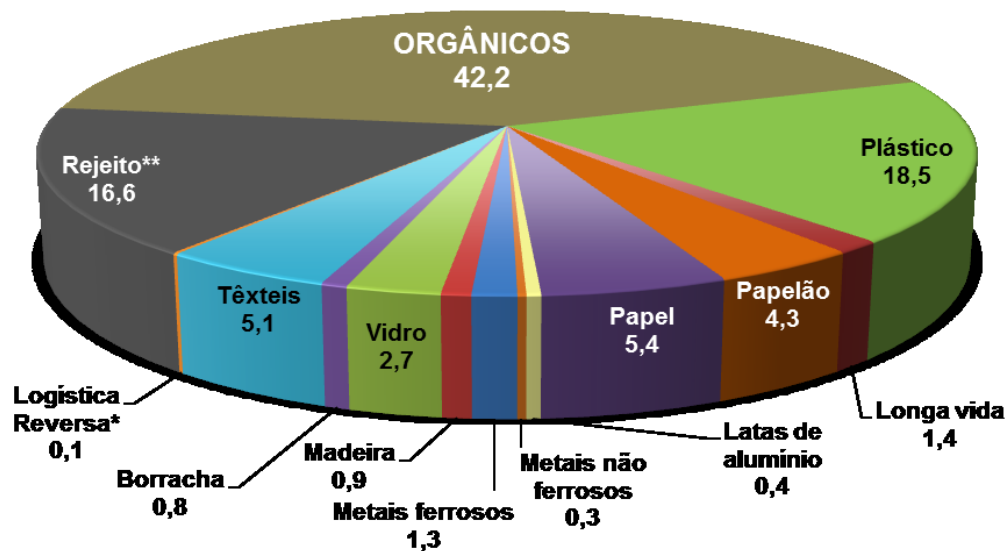
Número de habitantes; Aumento populacional; Hábitos culturais, Nível educacional; Poder aquisitivo; Variações sazonais; Condições climáticas e Grau de industrialização...

FIGURA 09. Composição gravimétrica dos resíduos domiciliares gerados no município de São Paulo



Fonte: SÃO PAULO (2014), elaborado por SMA/CPLA (2014).

Caracterização da composição gravimétrica dos resíduos da Baixada Santista (%)



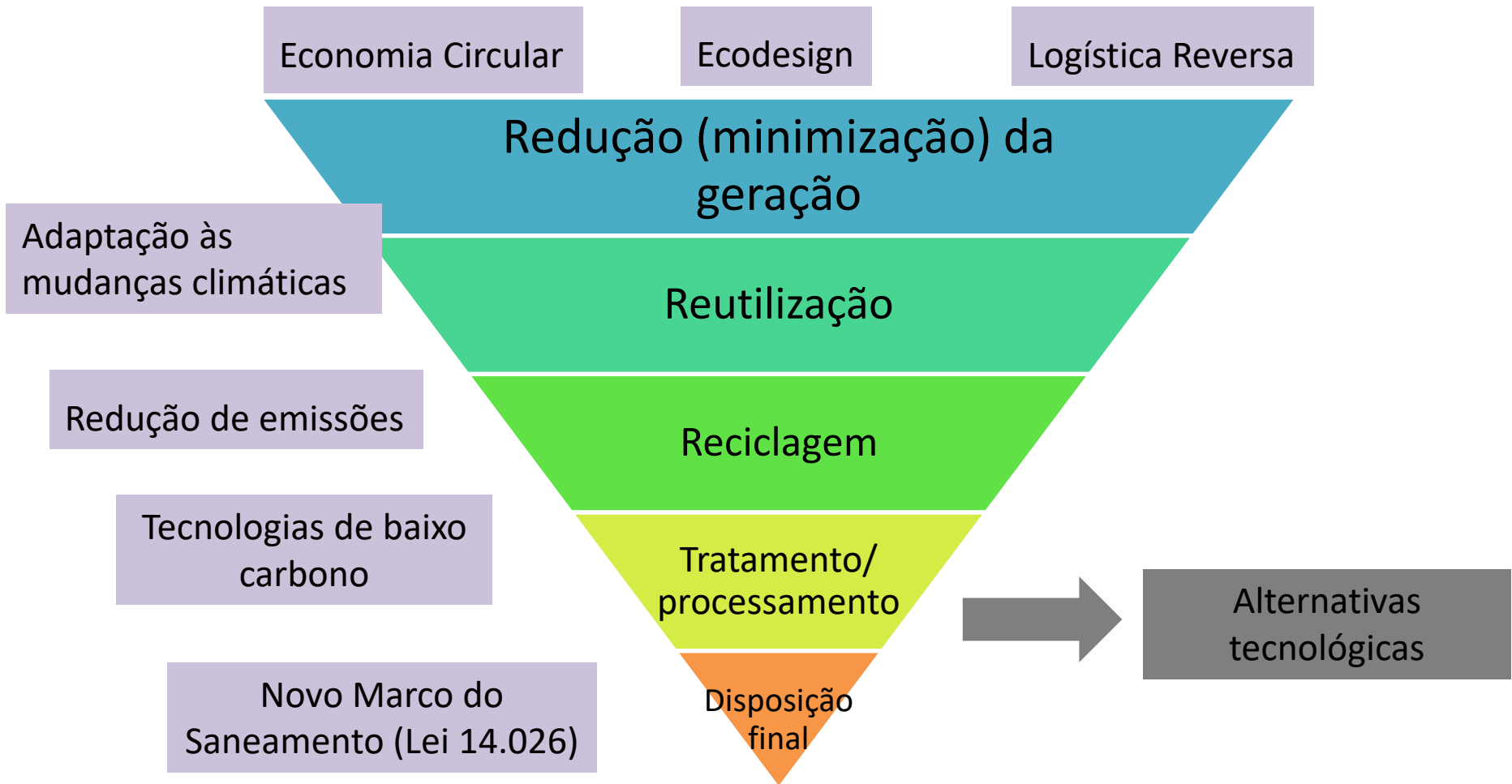
IPT&AGEM (2018)

42%
Resíduos de feiras livres

Outros orgânicos

41%
Recicláveis

Hierarquia na gestão integrada de Resíduos Sólidos



Tecnologias para Tratamento / processamento

Processos físicos

- + Triagem/Separação
- + Secagem/Desidratação

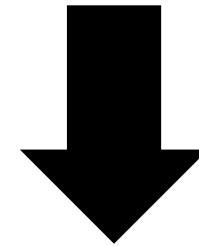
Processos Biológicos

- + Biogás de aterro ⚡
- + Compostagem
- + Vermicompostagem
- + *Landfarming*
- + Digestão anaeróbia ⚡

Processos térmicos

- + Incineração ⚡
- + Gaseificação ⚡
- + Pirólise ⚡
- + Coprocessamento ⚡

A recuperação energética de resíduos pode ser feita por diferentes métodos...



Boas práticas na escolha da melhor alternativa tecnológica...

Fatores para a escolha da melhor alternativa tecnológica...

Fatores	Questionamentos
Características dos Resíduos	Algun componente do resíduo limita significativamente o processo (p. ex. torna o sistema inoperante)?
Extensão do uso	A tecnologia considerada está funcionando em outro lugar, em condições semelhantes em termos de composição dos resíduos, clima, hábito da população? Há plantas e/ou equipamentos instaladas no Brasil para o tratamento de resíduos sólidos urbanos em escala demonstração? Há plantas e/ou equipamentos instaladas no Brasil para o tratamento de resíduos sólidos urbanos em escala comercial? É possível visitar a planta ou instalação para avaliação <i>in loco</i>? Você já teve acesso a documentos ou visitou alguma planta e/ou equipamento para comprovação do desempenho para tratamento de RSU?
Acessibilidade de aquisição da tecnologia	Há fornecedor dos equipamentos no Brasil? (fornecedor nacional ou representante internacional) A fabricação dos equipamentos é nacional?

Fatores para a escolha da melhor alternativa tecnológica...

Fatores	Questionamentos
Nível de qualificação da mão-de-obra necessária	A tecnologia pode ser operada e passível de manutenção, utilizando mão de obra e peças de reposição locais (município e estado)?
Flexibilidade	É possível montar, desmontar, adaptar com facilidade a tecnologia a fim de atender possíveis flutuações na quantidade de resíduos gerados?
Custo e Mercado para os produtos gerados	Os custos de instalação são realistas e acessíveis para usuários de serviços locais? A relação custo/benefício é interessante considerando municípios menores? Há mercado local para os produtos gerados (ex. calor, biogás, composto, materiais recicláveis)?
Escala	A tecnologia é ofertada em diferentes escalas, sendo ajustável a quantidades menores de resíduos ?
Condicionantes ambientais da tecnologia	A tecnologia tem restrições ambientais significativas (alto consumo de energia, geração de resíduos e emissões)?

[Atuação do IPT

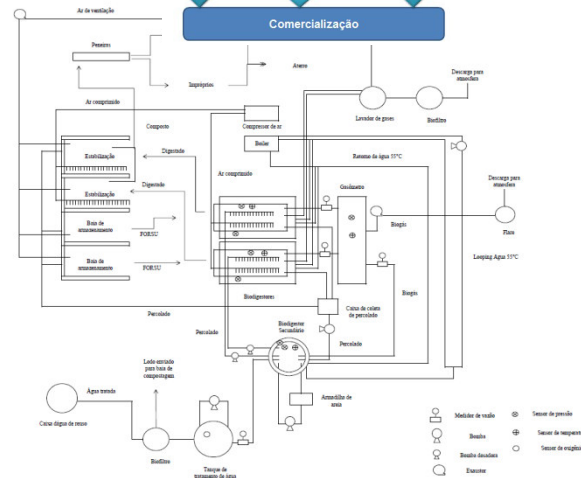
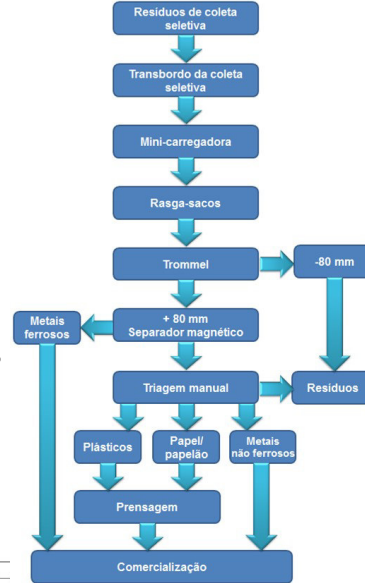
Prospecção tecnológica e elaboração de planos municipais e regionais

- Oferecer apoio técnico aos municípios para:
 - Elaboração de planos de gestão integrada de resíduos;
 - Elaboração de termos de referência;
 - Capacitação de RH; e
 - Apoio à tomada de decisão de arranjos tecnológicos e institucionais para gestão e gerenciamento de Resíduos Sólidos.



Avaliação e Validação de alternativas tecnológicas para tratamento de Resíduos Sólidos

- Caracterização da matéria-prima;
- Obtenção de parâmetros de desempenho
 - Avaliação de emissões;
 - Rendimento energético; e
 - Composição do biogás.
- *Scale up* e parâmetros de dimensionamento.

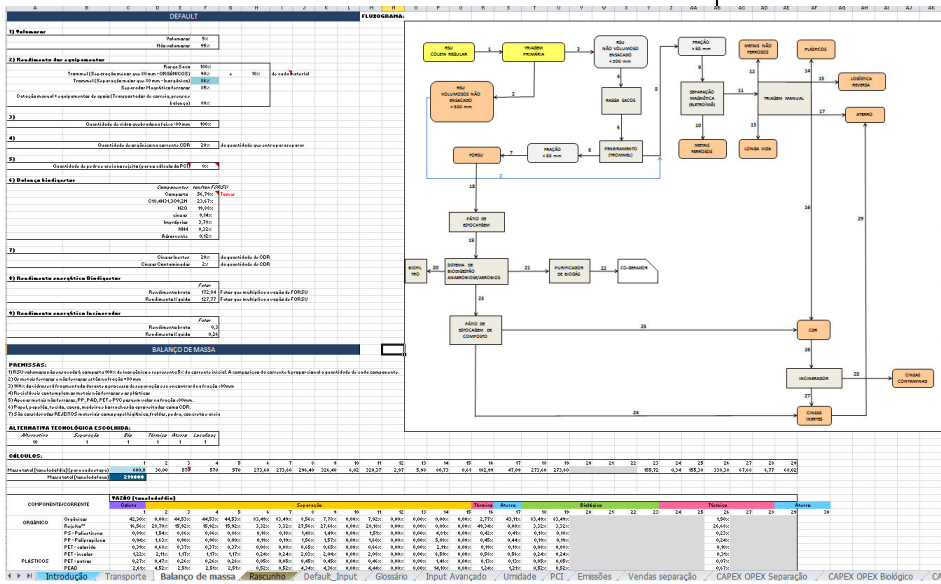


Rotas de separação e biológica (compostagem e digestão anaeróbia)



Rotas térmicas (*Mass burn*, Gaseificação e pirólise)

Estudos de viabilidade técnica, econômica e ambiental para soluções em Resíduos Sólidos



- Avaliação de cenários;
- Simulação de diferentes alternativas tecnológicas; e
- Avaliação de diferentes indicadores de desempenho das tecnologias.

Modelagem RSU

gestão integrada de resíduos sólidos
ipt INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS
GOVERNO DO ESTADO SÃO PAULO

MODELAGEM RSU

Relatório de Avaliação

Salvar resultadosComparar combinações

Município	bs
População (habitantes)	1370000
Massa de resíduo (tonelada/ano)	2190000
Cotação do euro (€ para R\$)	3,6
Cotação do dólar (\$ para R\$)	3,2
Porcentagem de massa dos resíduos sólidos	
Orgânicos	42,30%
Rejeito	16,56%
PS - Poliestireno	0,89%
PP - Polipropileno	0,94%
PET - colorido	0,39%
PET - incolor	1,22%
PET - outros	0,27%
PEAD	2,61%
PEBD	2,06%
PVC	0,36%
Outros plásticos	0,55%
Plástico filme	9,22%
Metais não ferrosos	0,26%
Latas de alumínio	0,42%
Metais ferrosos	1,30%
Papelão	4,30%
Papel	5,41%
Vidro - colorido	1,84%
Vidro - incolor	0,87%
Vidro - outros	0,04%
Têxteis em geral	5,06%
Borracha	0,76%
Madeira	0,86%
Logística Reversa	0,14%
Longa vida	1,37%

RESULTADOS

I - Separação, biológico, térmico, aterro, localização descentralizada.						
ESPERAS	ECONÔMICA				AMBIENTAL	
Alternativas tecnológicas	CAPEX	OPEX	Receita	Transporte	Emissões de CO2	Massa para aterro
	[mi R\$]	[mi R\$/ano]	[mi R\$/ano]	[mi R\$/ano]	[t/ano]	[t/ano]
SEPARAÇÃO	20	19	25	9	0	47
BIOLOGICO	109	12	3		25965	0
TERMICO	213	9	17		#####	75
ATERRO	23	1	5		6038	122
Combinação	365	41	50	9	#####	244

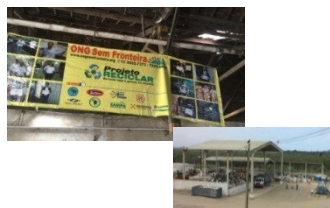
I - Separação, biológico, térmico, aterro, localização descentralizada.						
ESPERAS	ECONÔMICA				AMBIENTAL	
Alternativas tecnológicas	CAPEX	OPEX	Receita	Transporte	Emissões de CO2	Massa para aterro
	[mi R\$]	[mi R\$/ano]	[mi R\$/ano]	[mi R\$/ano]	[t/ano]	[t/ano]
SEPARAÇÃO	20	19	25	9	0	47
BIOLOGICO	109	12	3		25965	0
TERMICO	213	9	17		#####	75
ATERRO	23	1	5		6038	122
Combinação	365	41	50	9	#####	244



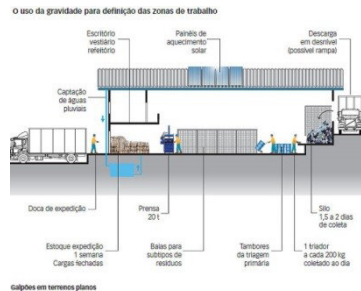
Avaliação de rotas de codigestão e
coincineração



Plataforma tecnológica para
sistemas integrados de resíduos
sólidos



Estruturação tecnológica de
cooperativas



Estruturação do Centro de
Gerenciamento de resíduos
do Guarujá



Centro
Brasileiro de
Inovação em
Economia
Circular

Centro de Brasileiro de
Inovação e Economia Circular



Planos regionais de
gestão integrada de
resíduos sólidos

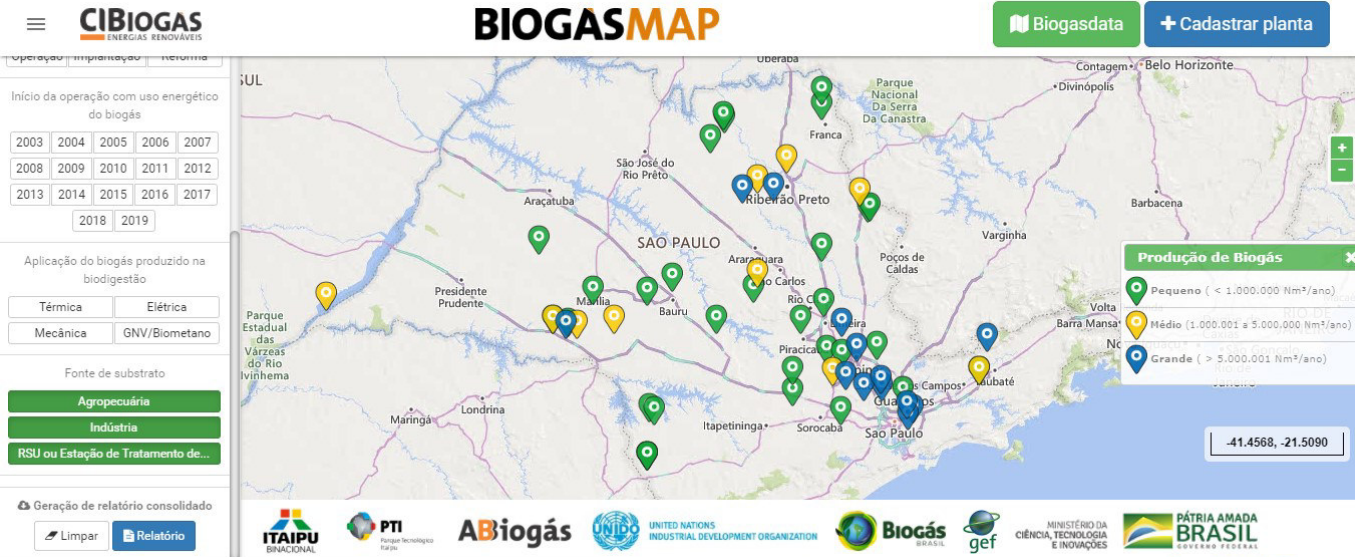


Melhoria na gestão de
resíduos do IPT

**Projetos IPT
RSU**

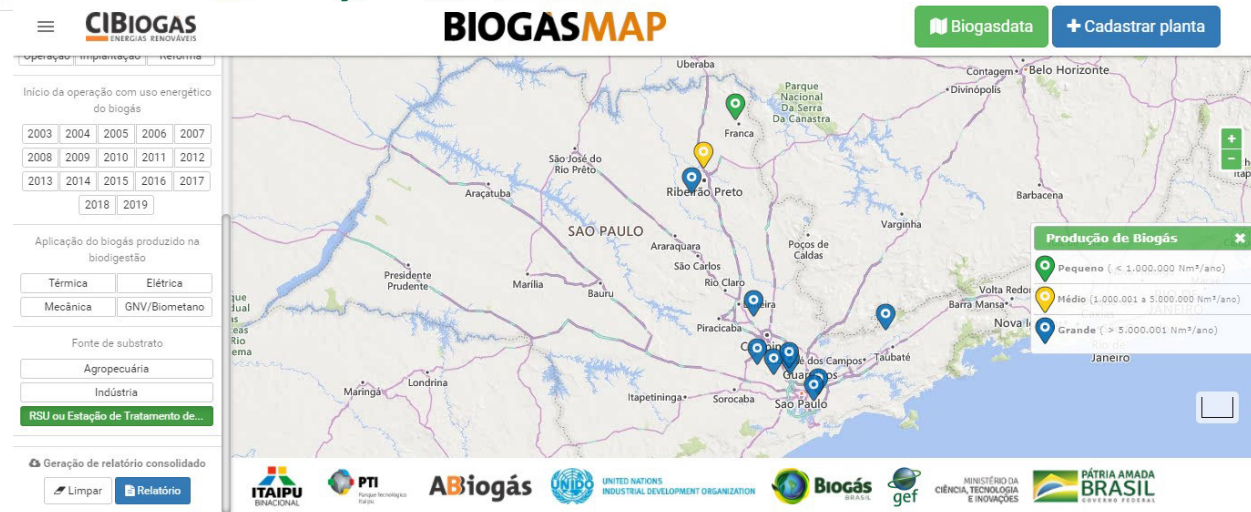
[Recuperação energética por Tratamento Biológico

Cenário do Estado de São Paulo



11 unidades

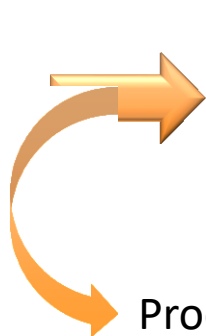
RSU + Tratamento esgoto



<https://mapbiogas.cibiogas.org/>

Biodigestão anaeróbica

Substrato
orgânico



$\text{CO}_2 + \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{Minerais} +$
Matéria orgânica estabilizada (composto)

Processo de **biodegradação** que ocorre na ausência de oxigênio.

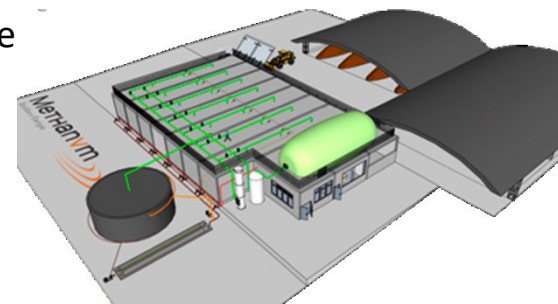
Processo de ocorrência natural



<http://saofranciscoconde.ba.gov.br/sema-esta-realizando-monitoramento-no-manguezal-do-municipio/>

Contorno das condições relevantes:

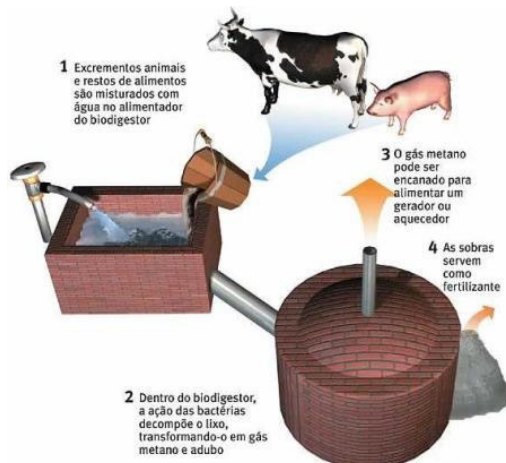
Eficiência
Recuperação de



Fonte: <http://methanum.com/pt/solucoes/tecnologiasmethanum/methar/methar-tmo.html>

Aplicação

Modelo consolidado na agroindústria e para efluentes



<https://verdedentro.wordpress.com/tag/biodigestao-anaerobia/>



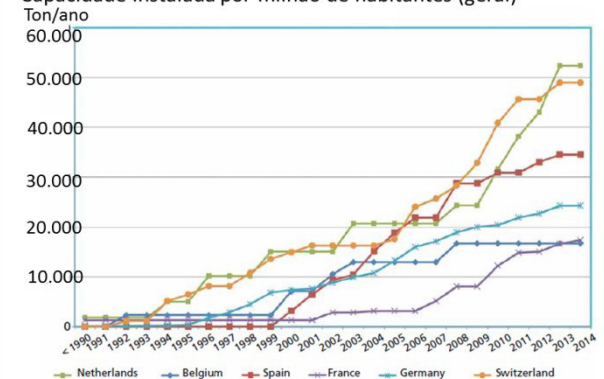
<http://www.combustecqueimadores.com.br/servicos.php?pagina=2>

Desenvolvimento constante para RSU



<https://www.biocycle.net/2010/08/17/high-solids-anaerobic-digestion-of-source-separated-organics/>

Capacidade instalada por milhão de habitantes (geral)



BAERE, L.; MATTHEEUWS, B., 2010

Aplicação

Alternativa para tratamento antes da disposição final da **FORSU** (Fração Orgânica dos Resíduos Sólidos Urbanos)

Quando bem contornado:

- Redução da emissão de metano
- Aumento da vida útil de aterros
- Recuperação energética do **biogás**
- Aproveitamento do material estabilizado



Separado na origem



<http://www.recicloteca.org.br/material-recicavel/organicos/>

Composto orgânico

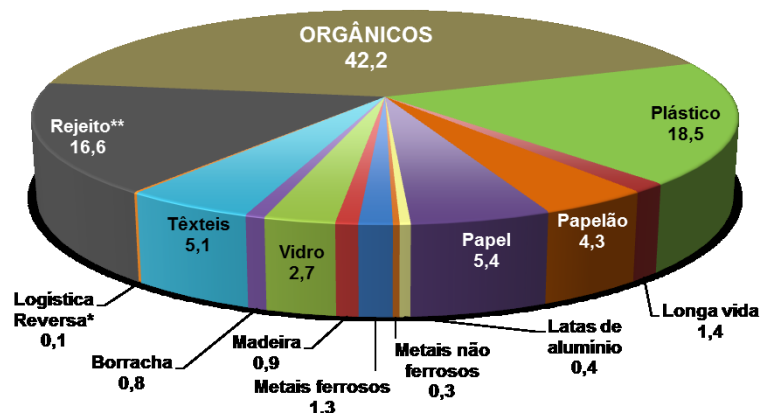
Fracionado do total



<http://belretrato.blogspot.com.br/2015/08/adamantina-uma-realidade-cotidiana-de.html>

Pós tratamento
- Recuperação de
encostas e canteiros
Aterramento
CDR

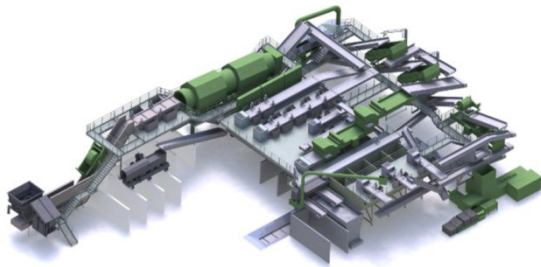
Caracterização da composição gravimétrica dos resíduos da Baixada Santista (%)



Projeto P&D&I

RSU Energia

- Conjunto de equipamentos (piloto e bancada);
- Procedimentos para diagnóstico e caracterização de resíduos
- Testes para avaliar a eficiência de tecnologias
- *Software* para tomada de decisão



I Segregação na fonte

II Triagem mecanizada

III Digestão Anaeróbia

IV Tratamento térmico

I

Recicláveis
Orgânicos
Rejeito
 $\pm 3 \text{ t/dia}$

II

Capacidade de
processamento:
 $0,5 \text{ t/h}$

III

Estimativa de
redução da fração
orgânica
43 %
 20 t/túnel

IV

Capacidade de
processamento
 5 kg/h



Túneis de metanização



Aspersores de lixiviado

Abastecimento de resíduos



Gerador em
funcionamento



Seu desafio é nosso.

Obrigada pela atenção!

Cidades, Infraestrutura e Meio Ambiente

Letícia dos Santos Macedo (leticiasm@ipt.br)
(Pesquisadora)