



Workshop sobre "**Política Nacional de Resíduos Sólidos**"

Aproveitamento Energético de RSU no Brasil **A questão dos pequenos e médios municípios**

Profa Suani Coelho

Grupo de Pesquisa em Bioenergia/GBIO-IEE-USP

(antigo CENBIO)

São Paulo, 19/08/2015



Grupo de Pesquisa em Bioenergia – GBio (antigo CENBIO)

- Coordenação: prof Suani Coelho
- Contribuição especial: prof J. Goldemberg
- 12 colaboradores - 2015
 - 1 pos doc – Alessandro S. Pereira
 - 1 PhD – Vanessa Pecora
 - 4 doutorandos – Javier Escobar; Adriano Violante; Manuel Moreno; Luis G. Tudeschini
 - 4 mestrandos – Fernando Oliveira; Naraisa Coluna; Dafne P. Silva
 - 2 alunos de IC – Pedro Germani; Brunno Boyadjian

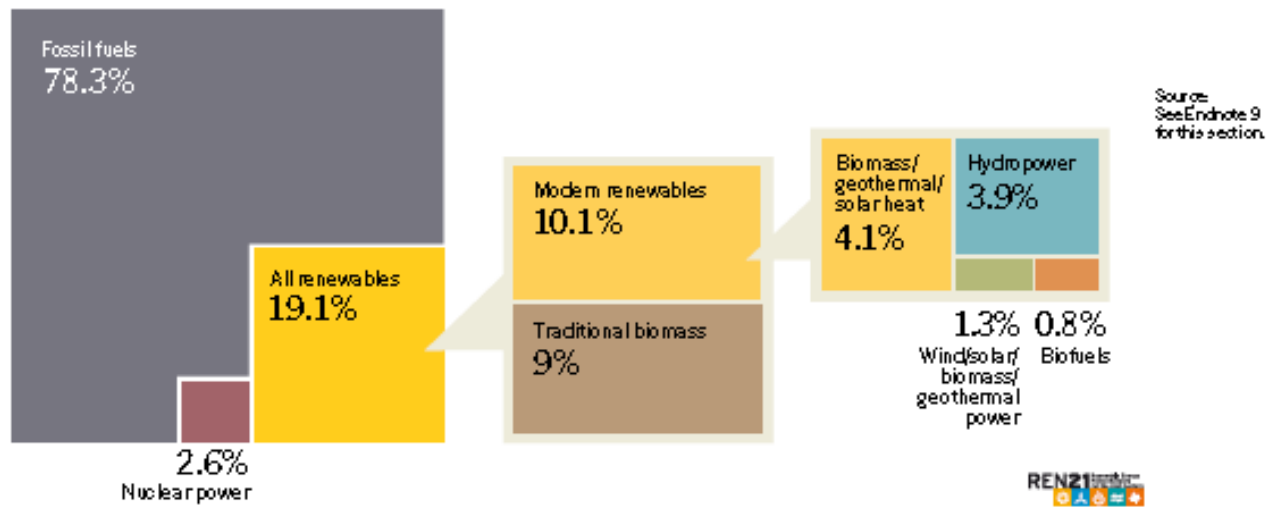




Estrutura

Matriz energética no Brasil e no Mundo
Situação atual dos RSU no Brasil e no mundo
Tecnologias para aproveitamento energético no
Brasil e no mundo (ex de Portugal e Suécia)
A situação dos pequenos e médios municípios
Propostas de políticas

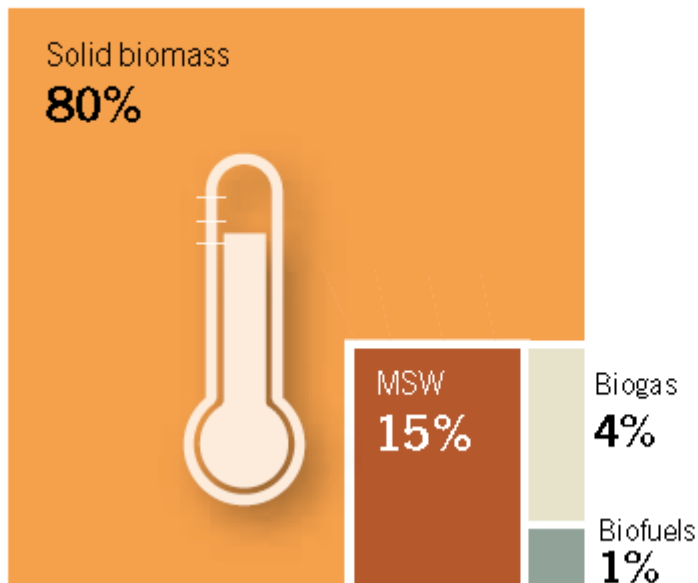
Figure 1. Estimated Renewable Energy Share of Global Final Energy Consumption, 2013



- i - An estimated 1.2 billion people worldwide lack access to electricity, and 2.8 billion people rely on traditional biomass for cooking and heating. See United Nations Sustainable Energy for All (SE4ALL), "United Nations Decade of Sustainable Energy for All 2014-2024," <http://www.se4all.org/decade/>, viewed 10 April 2015.
- ii - SE4ALL has three interlinked objectives: ensuring universal access to modern energy services, doubling the global rate of improvement in energy efficiency, and doubling the share of renewable energy in the global energy mix. See SE4ALL, "Our Objectives," <http://www.se4all.org/our-vision/our-objectives/>, viewed 10 April 2015.



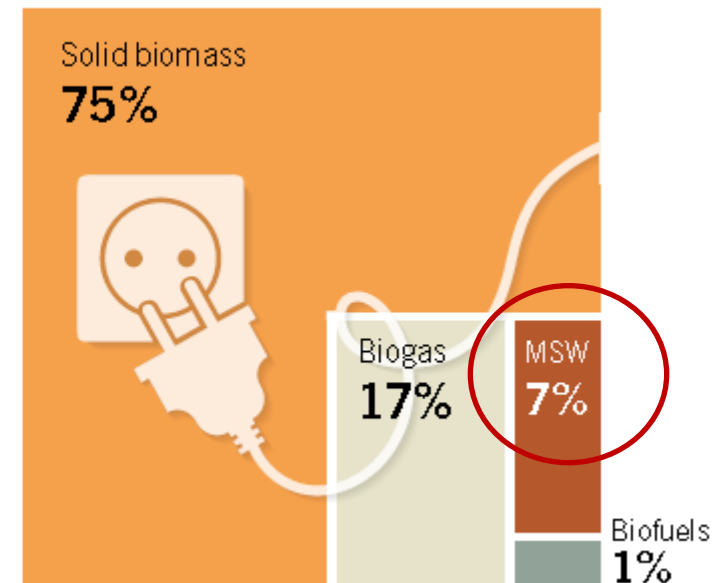
Biomass Sources in **H**eat Generation

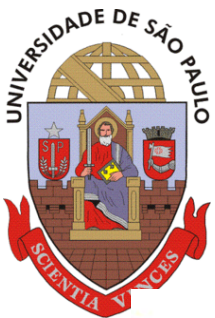


Solid biomass shares include both traditional and modern bioenergy from fuelwood, bagasse, black liquor, animal waste, and others.



Biomass Sources in **E**lectricity Generation





Matriz energética brasileira



BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL 2015 | Relatório Síntese | ano base 2014

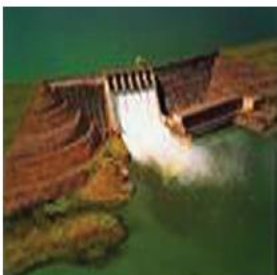
Repartição da oferta interna de energia

RENOVÁVEIS ▶ 39,4%

biomassa da cana 15,7%



hidráulica¹ 11,5%



lenha e carvão vegetal 8,1%



lixívia e outras renováveis 4,1%



¹ Inclui importação de eletricidade oriunda de fonte hidráulica

NÃO RENOVÁVEIS ▶ 60,6%

petróleo e derivados 39,4%



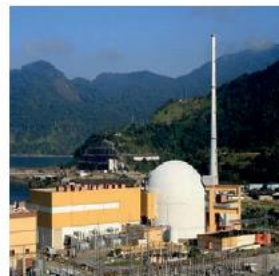
gás natural 13,5%



carvão mineral 5,7%

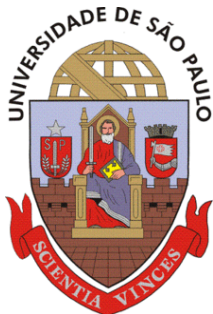


urânio 1,3%



outras não renováveis 0,6%

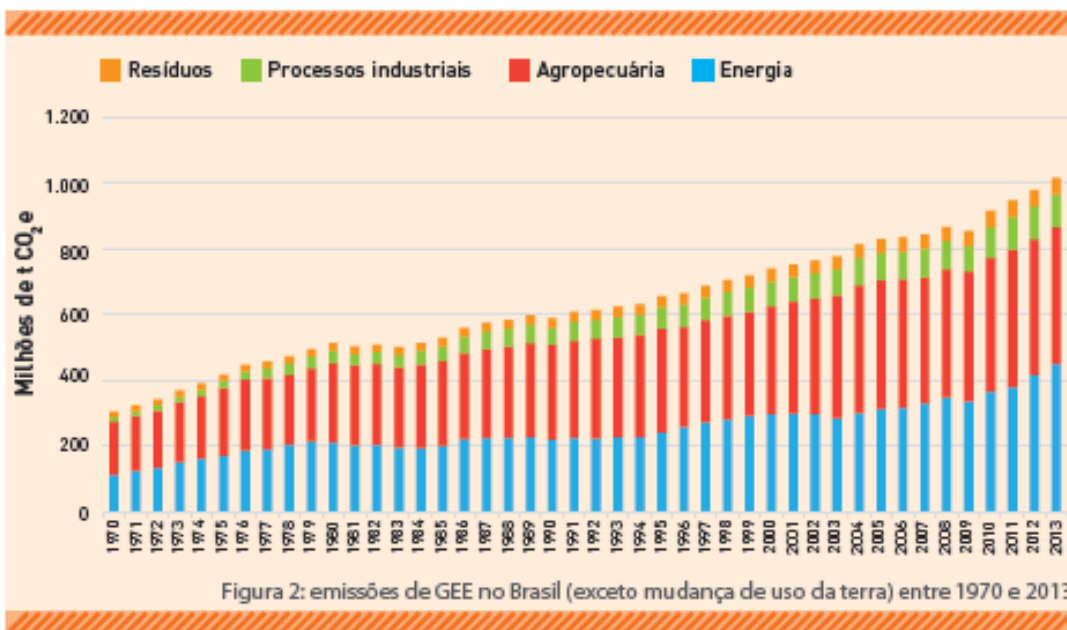




| Setores | 1970 | 1975 | 1980 | 1985 | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 |
|--|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Energia | 114 | 172 | 212 | 201 | 221 | 241 | 297 | 312 | 367 | 380 | 416 | 449 |
| Agropecuária | 161 | 206 | 240 | 256 | 287 | 317 | 328 | 392 | 406 | 418 | 413 | 418 |
| Processos industriais | 14 | 22 | 39 | 46 | 51 | 65 | 76 | 83 | 95 | 101 | 101 | 99 |
| Resíduos | 16 | 19 | 22 | 25 | 29 | 33 | 38 | 41 | 49 | 48 | 48 | 49 |
| Mudança de uso da terra | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 1.247 | 2.204 | 1.458 | 1.506 | 599 | 568 | 466 | 542 |
| Total * | 305* | 418* | 512* | 529* | 1.835 | 2.860 | 2.197 | 2.335 | 1.515 | 1.515 | 1.443 | 1.558 |
| Remoções (florestas em áreas protegidas) | - | - | - | - | -304 | -305 | -327 | -374 | -409 | -409 | -409 | -411 |
| Emissões líquidas * | 305 | 418 | 512 | 529 | 1.531 | 2.555 | 1.870 | 1.961 | 1.106 | 1.106 | 1.034 | 1.147 |

*n.d.: não foram estimadas as emissões de mudança de uso da terra para o período de 1970 a 1989.

Tabela 1: evolução das emissões brutas e líquidas de GEE no Brasil por setor entre 1970 e 2013 (Mt CO₂e)

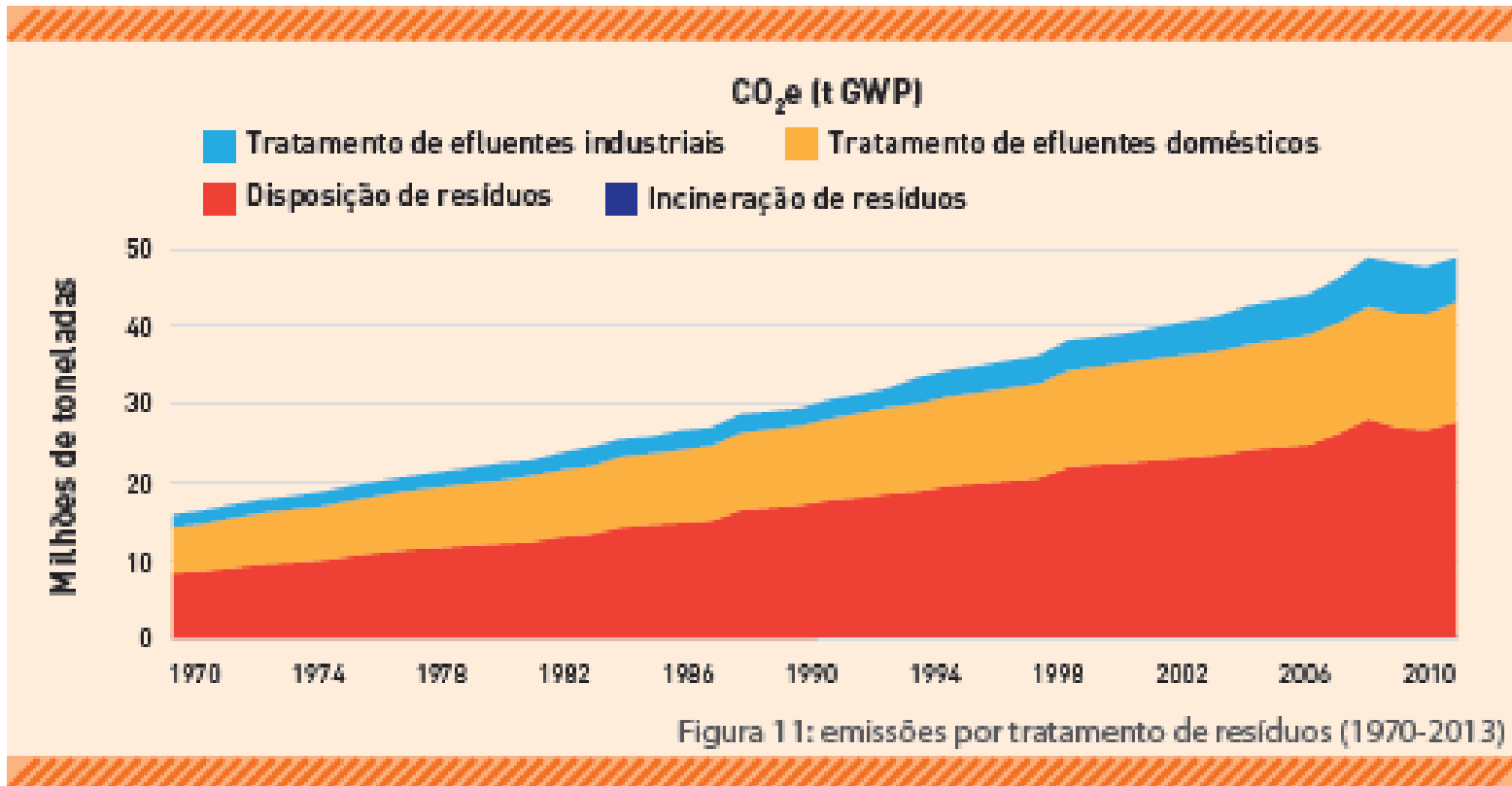


Emissões de carbono no Brasil

Fonte: Observatorio do Clima
https://s3-sa-east-1.amazonaws.com/seeg.tracersoft.com.br/wp-content/uploads/2015/08/sintese_2015.pdf

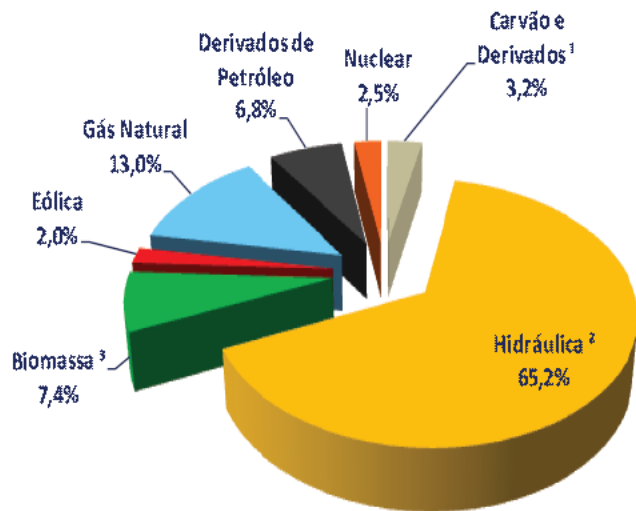


Emissões de carbono no Brasil Setor de Resíduos



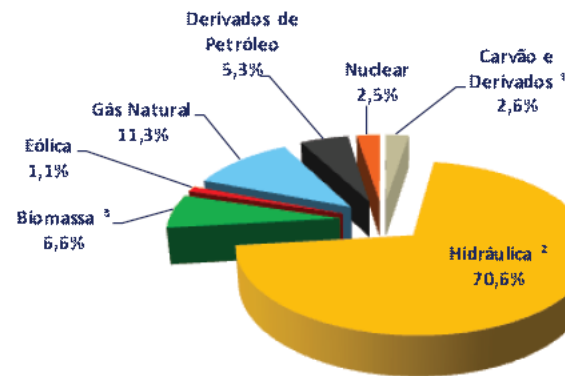
Matriz Elétrica Brasileira

Brasil (2014)



geração hidráulica² em 2014: 407,2 TWh
geração total² em 2014: 624,3 TWh

Brasil (2013)



geração hidráulica² em 2013: 431,3 TWh
geração total² em 2013: 611,2 TWh

¹ Inclui gás de coque

² Inclui importação

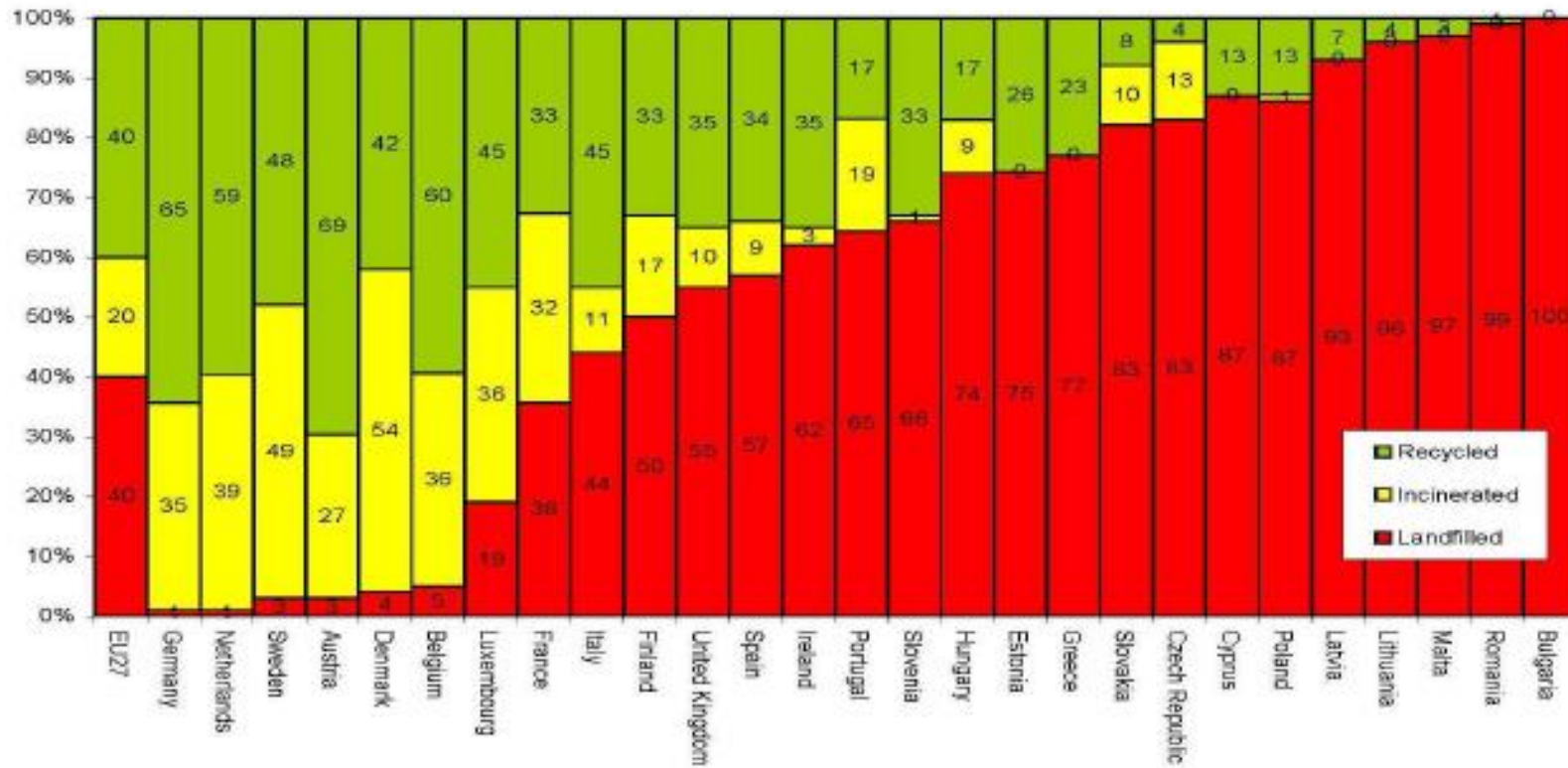
³ Inclui lenha, bagaço de cana, lixívia e outras recuperações.



Legislação no Brasil

- **Política Nacional sobre Mudanças Climáticas**
(29 de Dezembro de 2009):
 - Redução entre 36,1% e 38,9%, até 2020, as emissões projetadas de GEE.
- **Política Estadual de Mudanças Climáticas**
(SP, 9 de Novembro de 2009):
 - 20% de redução das emissões de CO₂ até 2020, em relação aos níveis de 2005.
- **Política de Mudanças do Clima no Município de São Paulo** (5 de Junho de 2009):
 - 30% de redução das emissões de GEE na cidade, em relação às emissões de 2005.

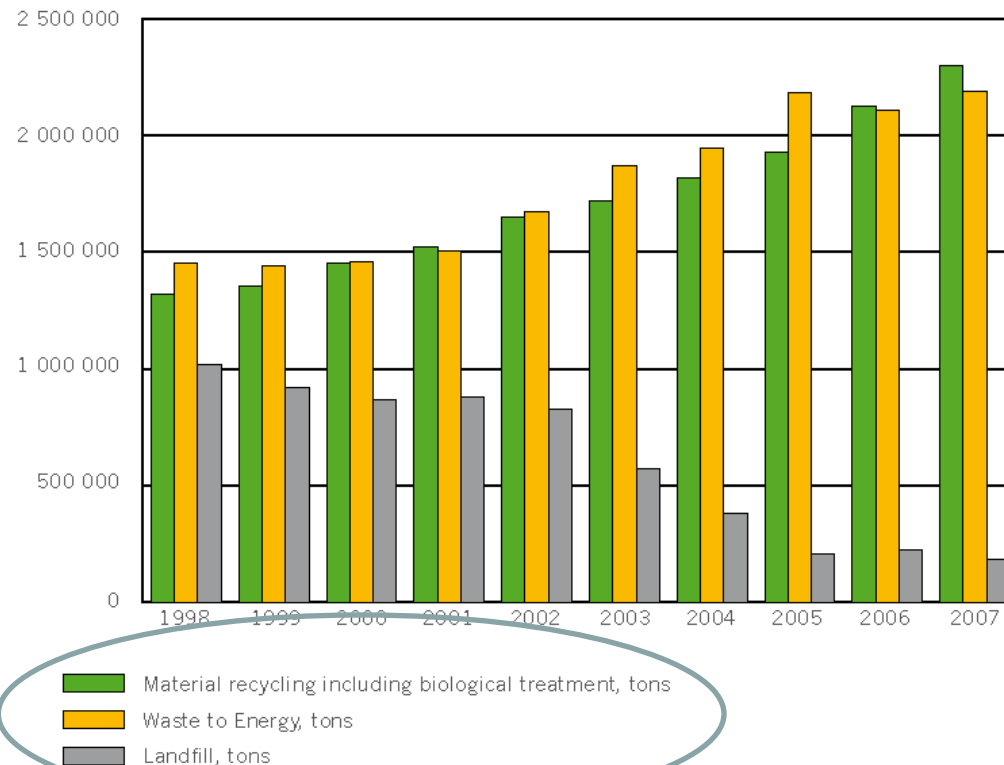
Tratamento dos RSU na Europa em 2008

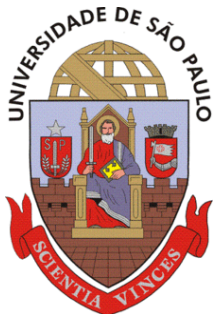




Tratamento de RSU - Suécia

TREATMENT METHODS FOR HOUSEHOLD WASTE 1998-2007



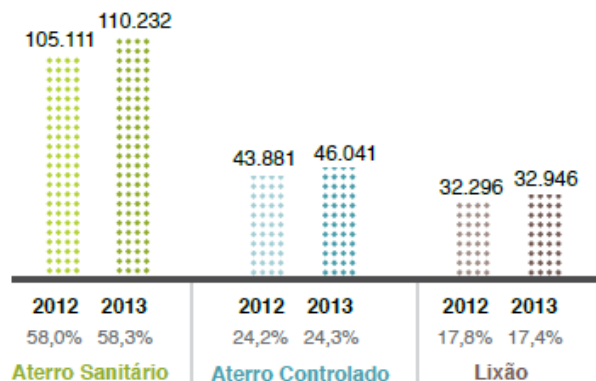


RSU NO BRASIL



4.1.4 Destinação Final de RSU

Figura 4.1.4.1 – Destinação final de RSU (t/dia)

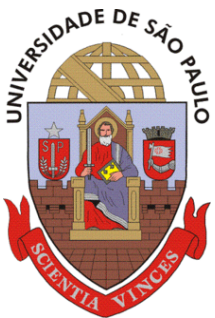


Sinergias entre aproveitamento energético e saneamento básico

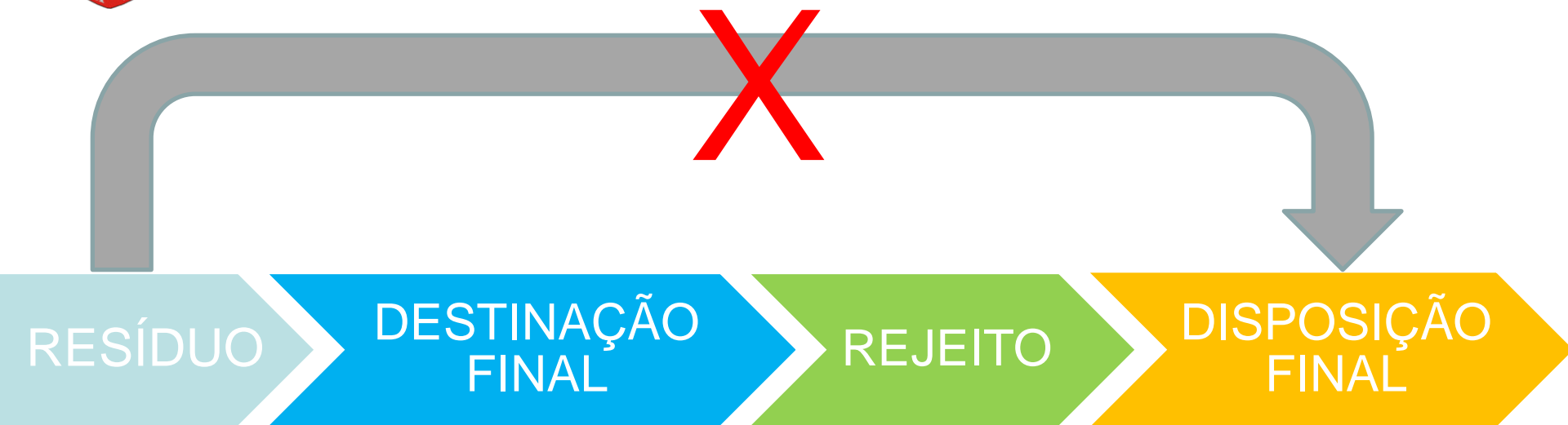
Fonte: Pesquisa ABRELPE

Tabela 4.1.4.2 – Quantidade de Municípios por Tipo de Destinação Adotada – 2013

| Destinação Final | 2013 – Regiões e Brasil | | | | | |
|-------------------|-------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | Norte | Nordeste | Centro-Oeste | Sudeste | Sul | BRASIL |
| Aterro Sanitário | 92 | 453 | 161 | 817 | 703 | 2.226 |
| Aterro Controlado | 111 | 504 | 148 | 645 | 367 | 1.775 |
| Lixão | 247 | 837 | 158 | 206 | 121 | 1.569 |
| BRASIL | 450 | 1.794 | 467 | 1.000 | 1.191 | 5.570 |



Lei Federal 12.305/10 PNRS



- reutilização
- reciclagem
- compostagem
- recuperação
- **aproveitamento energético**

A partir de 2014
~~...~~
Fim dos lixões/aterros controlados

A partir de 2017



Aterro Sanitário



Captação de água da chuva



Captação e transporte de biogás



Queima em *flare*



Interior do
flare





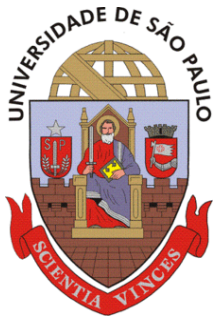
Purificação do Biogás → Biometano

- **Em casos específicos, como o uso do biogás em veículos ou em redes de GN, há necessidade de remover também o CO₂: processo químico de absorção de CO₂ em água**



REDUC RECEBERÁ BIOGÁS GERADO NO ATERRO DE GRAMACHO

2016 - <http://fatosedados.blogspotpetrobras.com.br/2013/06/07/reduc-recebera-biogas-gerado-no-aterro-de-gramacho/>



Padrões para injeção de biometano nas redes de GN



Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
Superintendência de Biocombustíveis e de Qualidade de Produtos
Coordenação de Regulação da Qualidade de Produtos

Nota Técnica n°: 157/2014/SBQ/RJ

Assunto: Criação de Resolução que estabelece a especificação do Biometano de origem nacional a ser comercializado em todo o território nacional.

Processo n°: 48610.005948/2013-22

Rio de Janeiro, 17 de setembro de 2014.

Lei nº 6.361, de 19/12/2012, estabelece a Política Estadual de Gás Natural Renovável, fomenta a implantação de produção e torna mandatório que as concessionárias distribuidoras de gás natural comprem até 10% do gás convencional distribuído de GNR produzido no Rio de Janeiro.

DECRETO Nº 58.659, DE 4 DE DEZEMBRO DE 2012

Institui o Programa Paulista de Biogás e dá providências correlatas

GERALDO ALCKMIN, Governador do Estado de São Paulo, no uso de suas atribuições legais, à vista da Exposição de Motivos do Secretário de Energia,
Considerando os objetivos da Lei nº 13.798 de 9 de

- Biometano derivado de resíduos agrossilvopastoris com controle da matéria prima utilizada
- A Res. **impede, no momento, a utilização de Biometano oriundo de aterro sanitário ou estação de tratamento** de esgoto na rede de distribuição de gás canalizado (**siloxanos – derivado de produtos de higiene pessoal**)



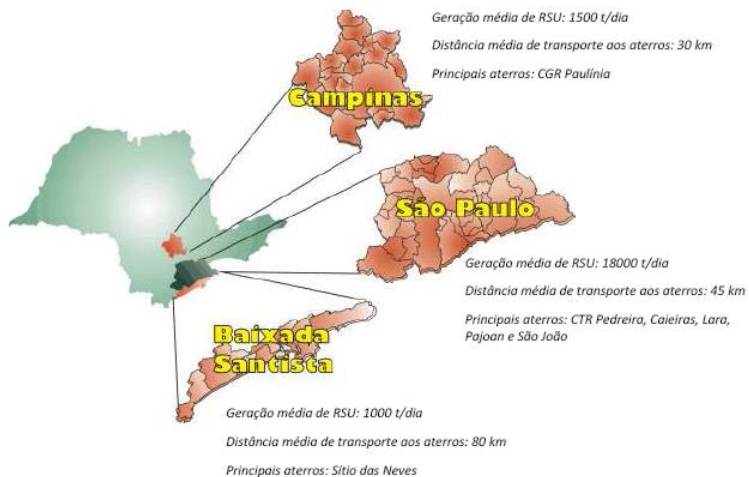
RSU no Brasil

- Necessidade: 448 aterros
- 256 grande porte biogás
- 192 pequeno porte
- R\$ 2 bilhões
- Onde?

Fonte: ABLP (Assoc. Bras.
de Resíduos Sólidos e
Limpeza Urbana)

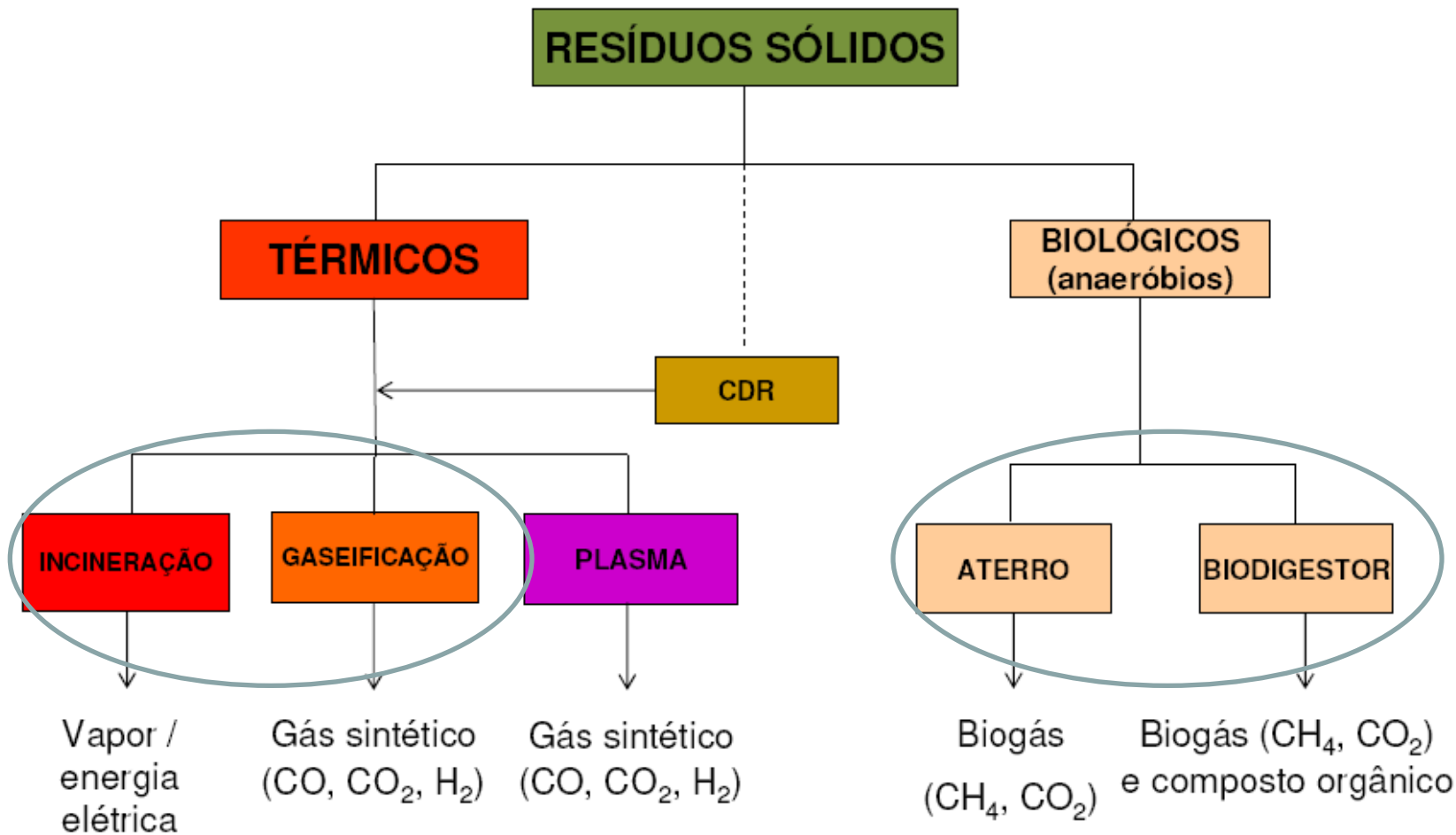


RSU no Estado de SP

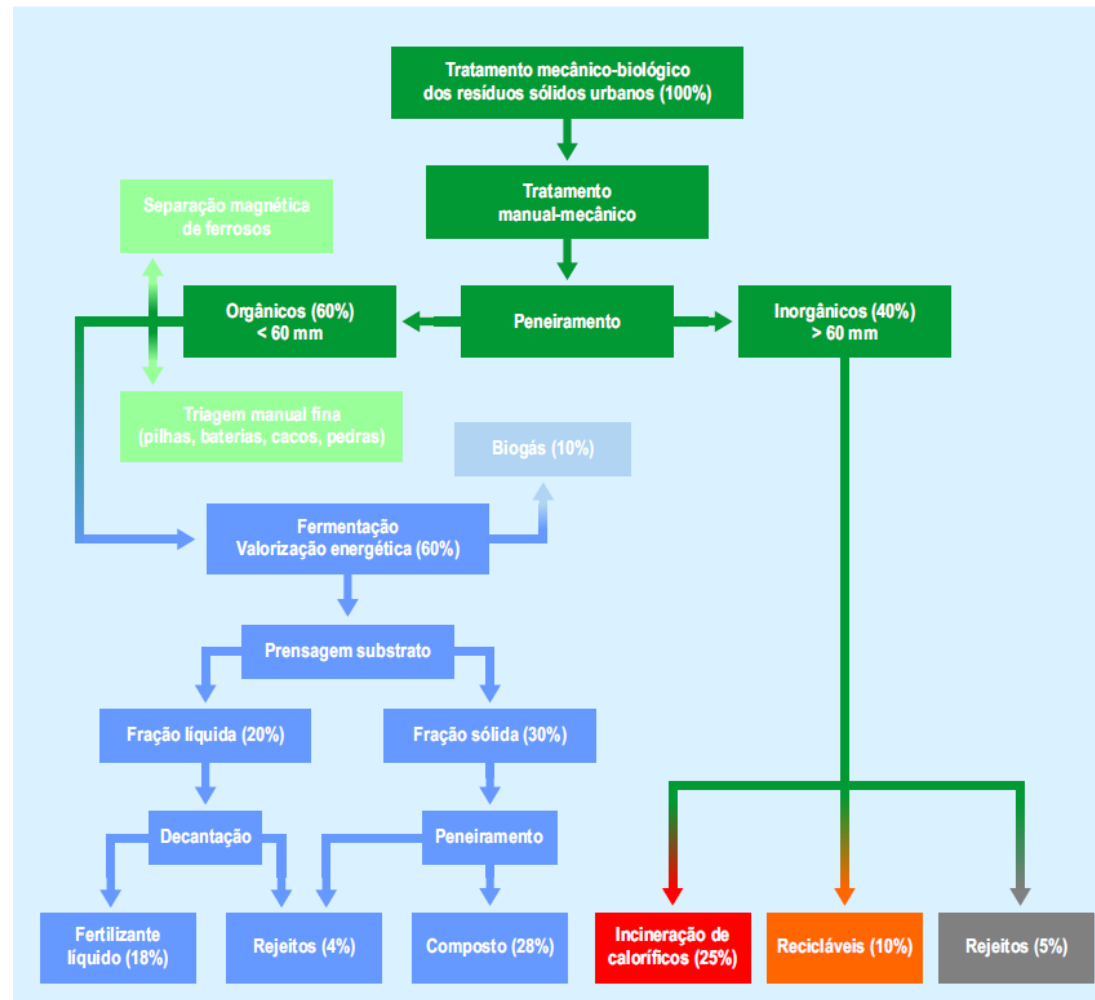


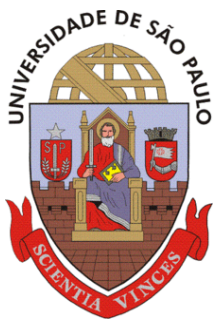


Principais processos de recuperação energética RSU



Tratamento Mecânico Biológico





Fermentador

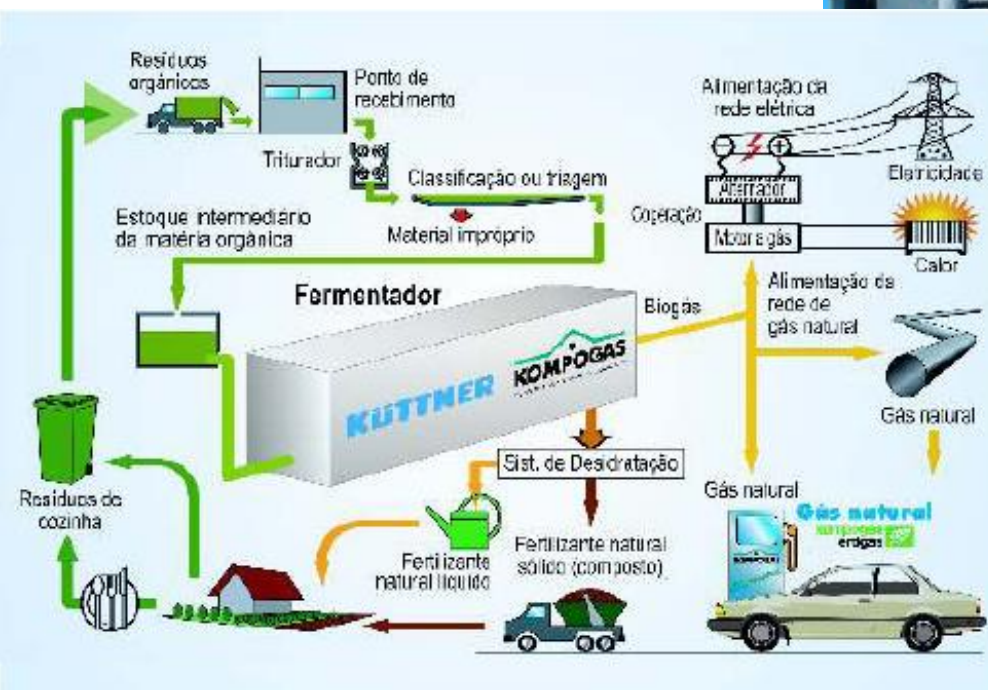
TMB

Axpo Kompogas

ArrowBio®



Grupo de motogeradores

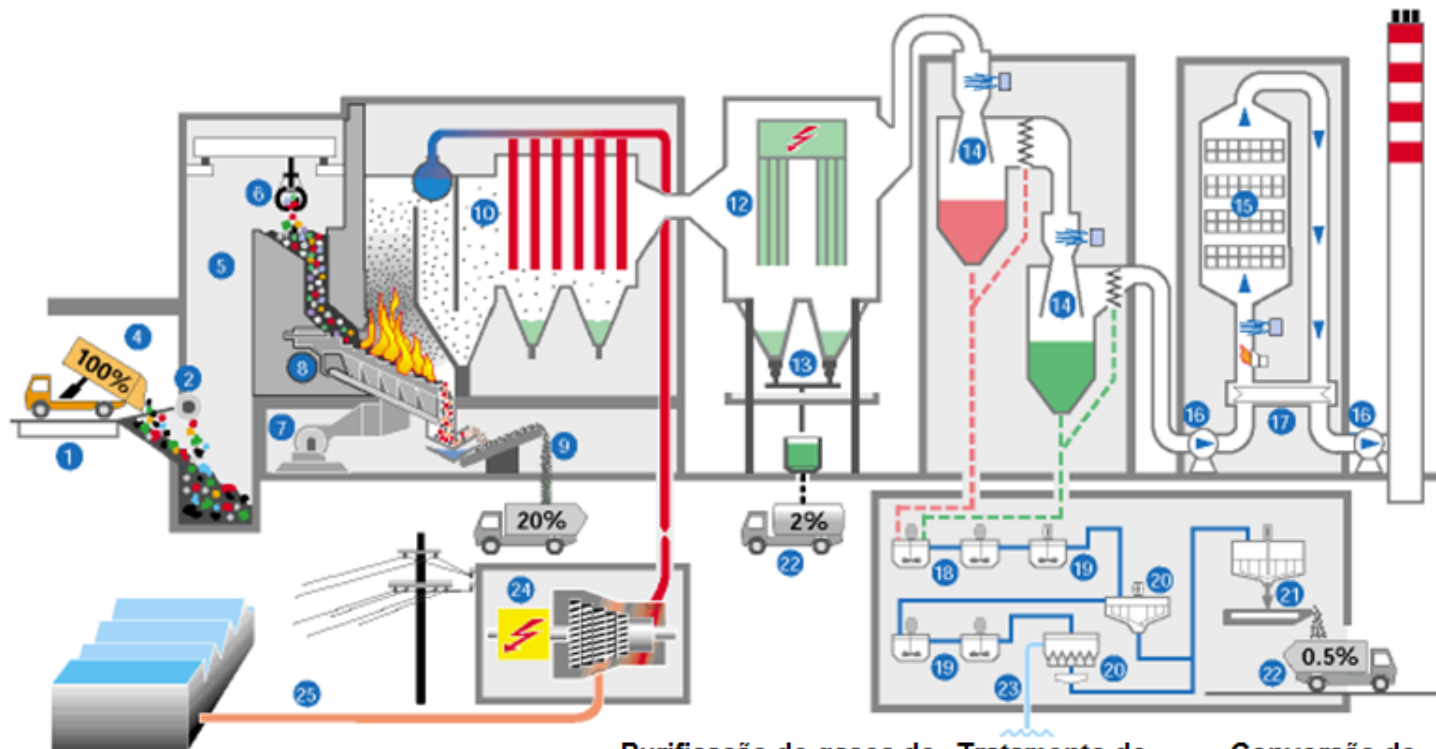




Plantas de TMB instaladas na Europa

| Características | 1991-1995 | 1996-2000 | 2001-2005 | 2006-2010 |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Plantas inst. | 15 | 44 | 52 | 73 |
| Plantas / ano | 3 | 8,8 | 10,4 | 14,6 |
| Capacidade total inst. (t) | 194.000 | 1.117.500 | 2.077.950 | 2.246.450 |
| Cap. inst. / ano (t/ano) | 38.800 | 223.500 | 415.590 | 449.290 |
| Cap. média das plantas (t) | 12.933 | 25.398 | 39.961 | 30.773 |
| | | | | |

Incineração



Distribuição de resíduos

- 1 balança
- 2 triturador de RSU *in natura*
- 4 baia de descarga
- 5 bancas de resíduos
- 6 guindaste de resíduos

Incinerador

- 7 ventilação do ar de combustão
- 8 incinerador de grelha
- 9 escória (cinzas para aterro)
- 10 caldeira a vapor

Purificação de gases de combustão

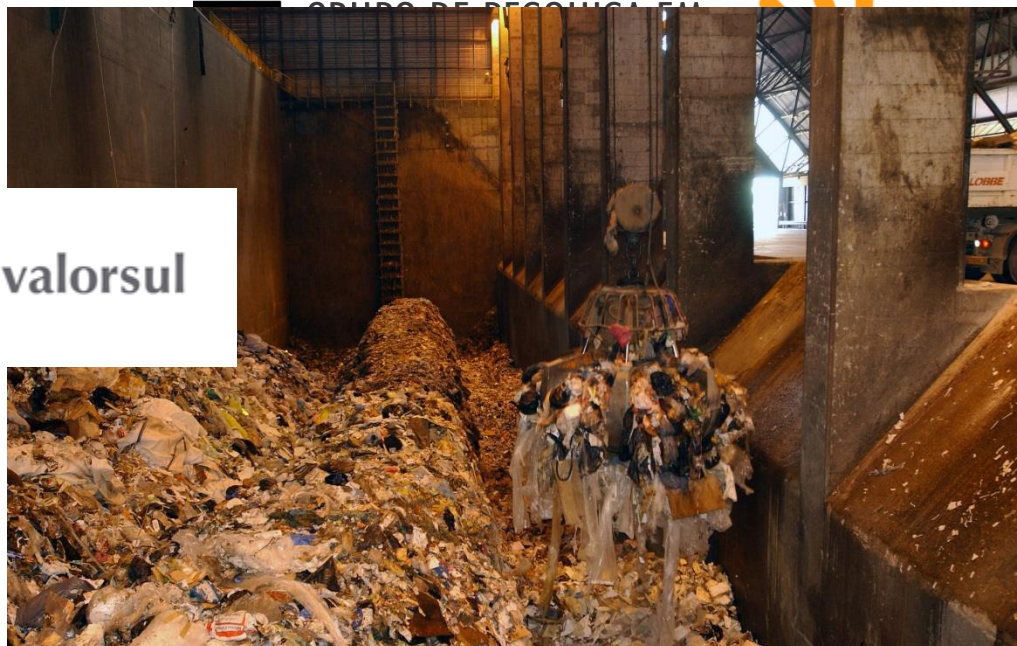
- 12 precipitador eletrostático
- 13 precipitador eletrostático de cinzas
- 14 lavador de gases de combustão
- 15 estágio DeNOx (SCR low-dust)
- 16 ventilador de gases de combustão
- 17 recuperador de calor

Tratamento de água residual

- 18 neutralização
- 19 precipitação
- 20 sedimentação
- 21 desidratação do lodo
- 22 resíduos para aterro
- 23 descarte água tratada em rios

Conversão de energia

- 24 turbina a vapor/gerador
- 25 calor para o sistema de aquecimento urbano



Fotos: visita 2014 (Lisboa, Portugal)



URE VALORSUL Bobadella, Lisboa - Portugal

- 3 fornos
- 1 turbina a vapor 37 MW
- PCI = 7400-7800 kJ/kg
- 2000 t/d RSU (Lisboa + 5 municípios)
- Investimento: € 174 milhões (2011)
- € 94 milhões (doação 54% da UE)
- Tarifas
 - Municípios € 20 /t
 - Particulares € 40 /t
- Venda de EE
 - € 84 euros/MWh ("tarifa verde")

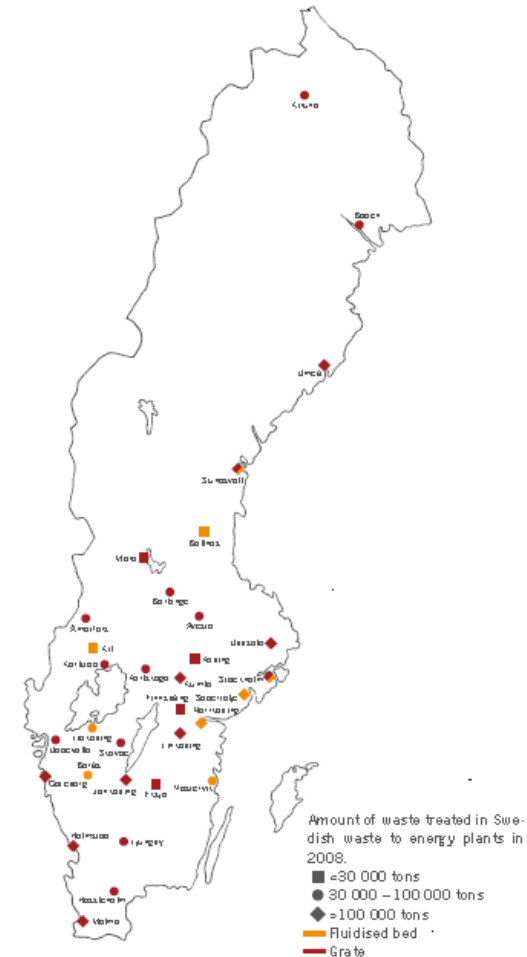




Suécia

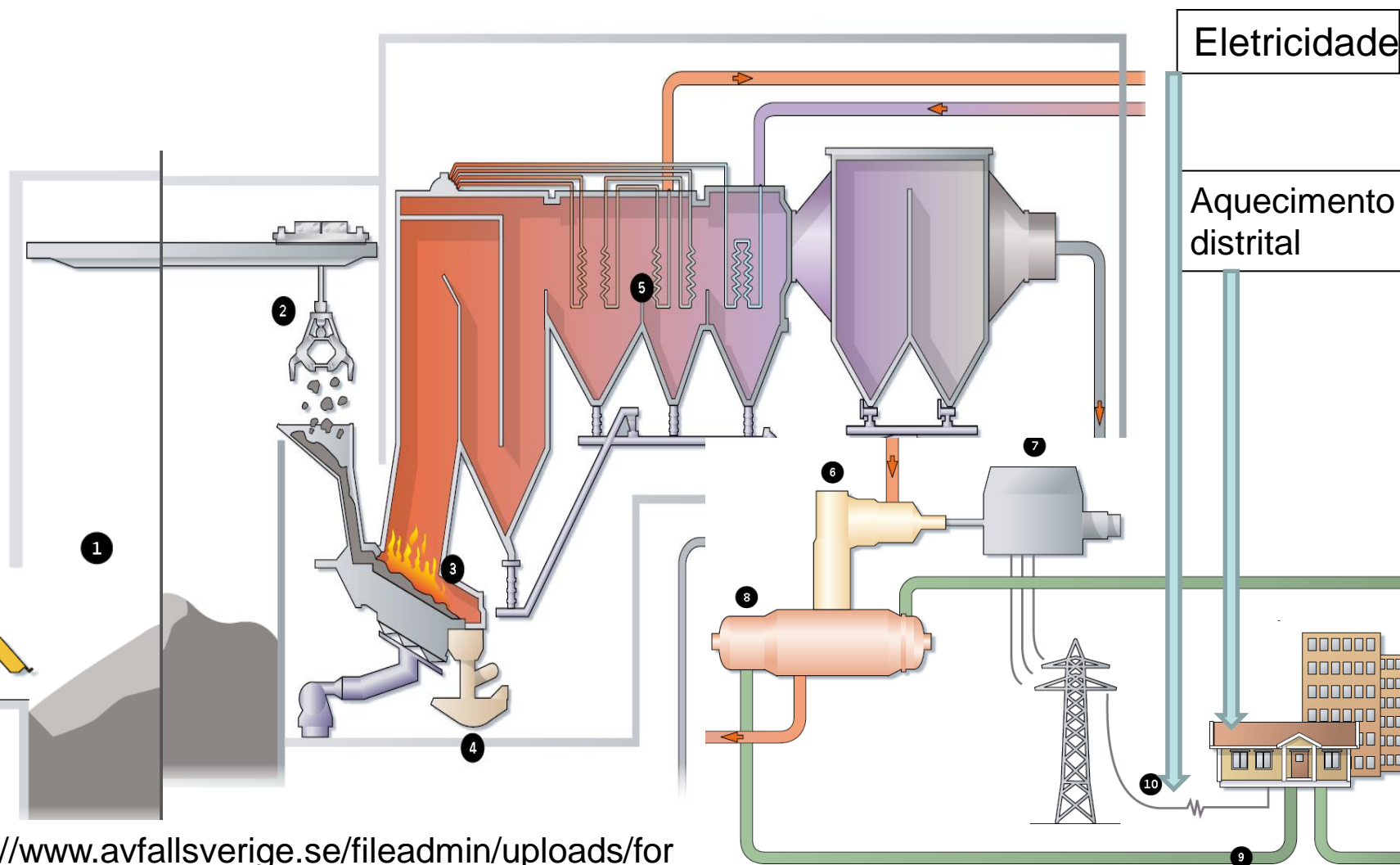


In 2006, the combined heat and power (CHP) plant for waste fuel at Korsstaverket in Sundsvall became operational.
Photo: Torbjörn Bergkvist



http://www.avfallsverige.se/fileadmin/uploads/forbranning_eng.pdf

Incineração de RSU - Suécia



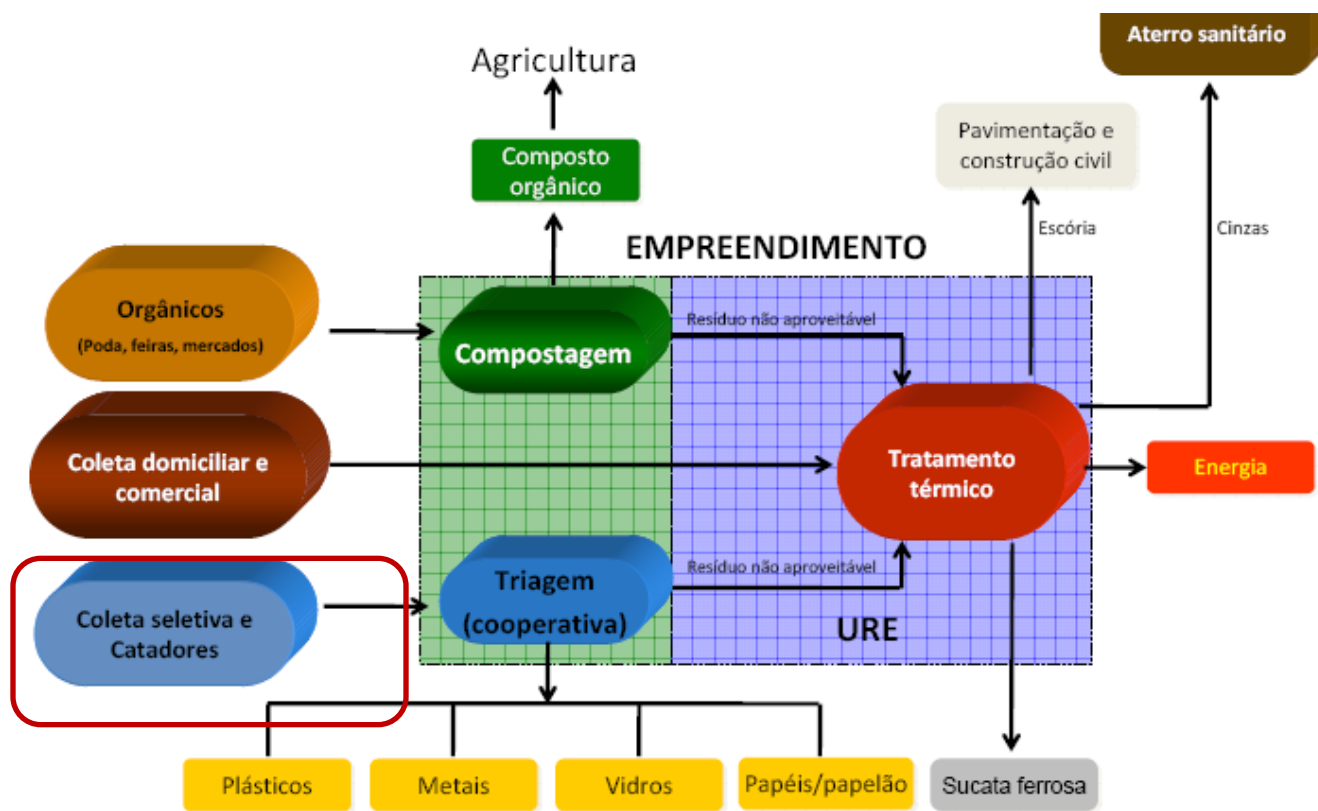
http://www.avfallsverige.se/fileadmin/uploads/forbranning_eng.pdf

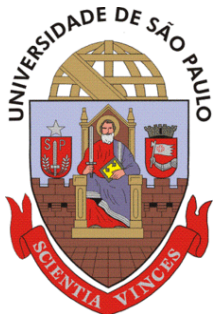


- Rejeição da sociedade civil (falta de informação)
 - Receio com relação à toxicidade dos gases de exaustão: falta informação sobre a existência de tecnologias adequadas para limpeza dos gases;
 - Preocupações relativas aos impactos na reciclagem (desemprego de catadores): falta informação sobre a necessidade obrigatória de reciclagem antes do processo de incineração.
- Investimentos elevados.
- Custo de geração elevado.
- Falta de políticas públicas de incentivo às tecnologias para geração de energia elétrica a partir de RSU.



Central de Tratamento de Resíduos





RSU – Projeto Parceria São Paulo – Baviera

GRUPO DE PESQUISA EM
BIOENERGIA
Universidade de São Paulo | Instituto de Energia e Ambiente



Resolução SMA 079 de Nov/2009

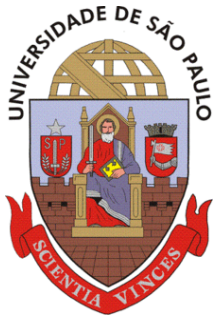
Limites de emissão (licenciamento e operação)

Baseados nos limites em uso na C.E.

** Muito Mais Restritiva que Res. CONAMA 382 (26/12/2006)

| | COT | CO | HCl | HF | SO ₂ | NO _x | MP | Dioxinas <i>Dioxins</i> |
|--|-----|----|-----|-----|-----------------|-----------------|----|----------------------------|
| Limites Legais - Indústria <i>Legal limits - Industry</i> | 50 | - | 30 | 3 | 350 | 350 | 20 | 0,1 |
| Limites Legais - URE <i>Legal limits - WTE plant</i> | 10 | 50 | 10 | 1 | 50 | 200 | 10 | 0,1 |
| Emissões Usuais - URE <i>Usual limits - WTE plant</i> | 1 | 10 | 1 | 0,1 | 1,5 | 150 | 1 | 0,005 |

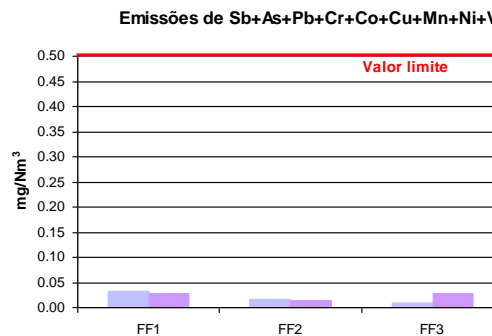
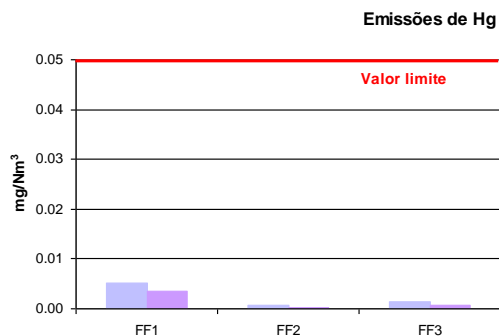
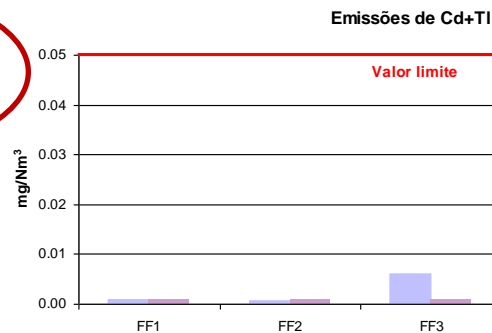
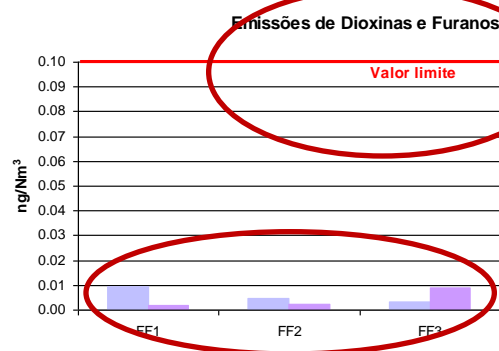
Além de As, Cd, Pb, Co, Cu, Cr, Mn, Hg, Ni, Tl, V e seus compostos



Monitoramento Ambiental do Incinerador da Valorsul (Portugal)

EMISSÕES ATMOSFÉRICAS

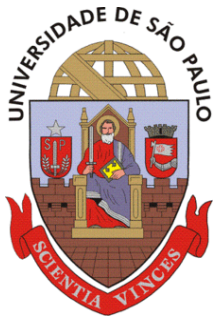
RESULTADOS DA MONITORIZAÇÃO EM DESCONTÍNUO 2011



Legenda:



Visita CENBIO, Junho 2012



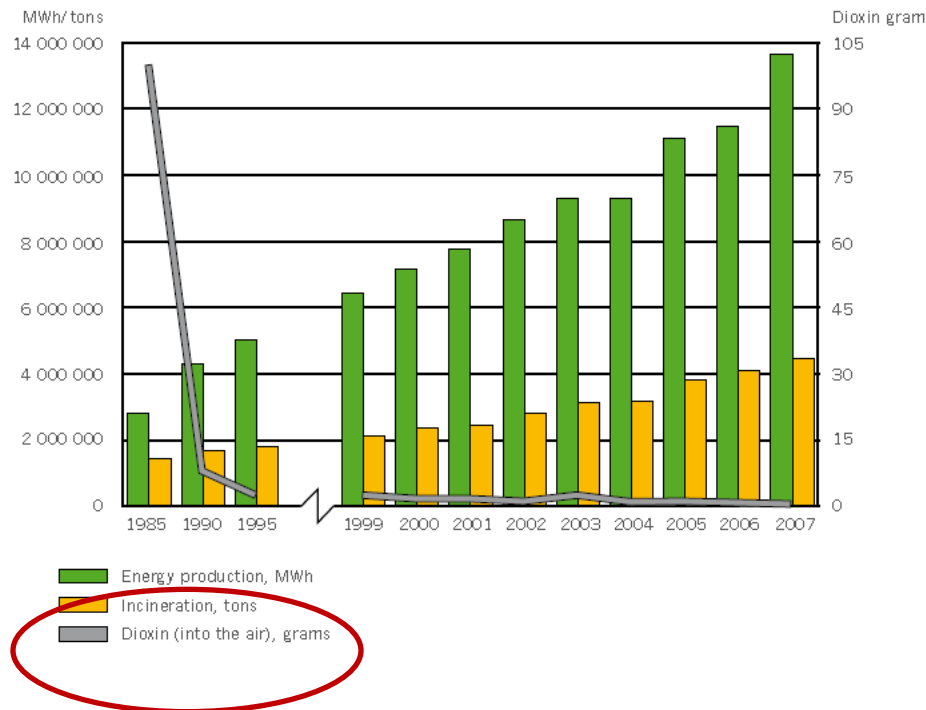
Incineração de RSU – Suécia

Emissões de dioxinas

FACTS: LESS EMISSIONS – MORE ENERGY

- The waste sector will reduce its emissions of greenhouse gases by 76 per cent during the years 1990-2020, according to the Climate Committee's forecast.
- Waste incineration in Sweden produced as much energy in 2007 as 1.1 million m³ of oil, which reduces CO₂ emissions by 2.2 million tons per year, as much as 680,000 petrol-powered cars emit in a year.
- Despite waste incineration increasing, emissions have fallen. For example, emissions of heavy metals from waste incineration into the air have fallen by almost 99 per cent since 1985. In addition, the total emissions of dioxins from all of the country's waste incineration plants have fallen from around 100 g to less than 1 gram during the same period.

INCINERATION, ENERGY PRODUCTION AND DIOXIN INTO THE AIR FROM WASTE INCINERATION 1985-2006



REDUCTION IN EMISSIONS

| | 1985 | 2007 | Change |
|----------------------------|-----------|------------|--------|
| Dust (ton/year) | 420 | 24 | -94.3% |
| HCl (ton/year) | 8,400 | 60 | -99.3% |
| SO _x (ton/year) | 3,400 | 196 | -94.2% |
| NO _x (ton/year) | 3,400 | 2,101 | -38.2% |
| Hg (kg/year) | 3,300 | 36 | -98.9% |
| Cd (kg/year) | 400 | 6 | -98.5% |
| Pb (kg/year) | 25,000 | 51 | -99.8% |
| Energy production (MWh) | 2,800,000 | 1,2151,270 | 334.0% |
| Processed waste (ton) | 1,432,100 | 4,470,690 | 212.2% |



RSU – Projeto Parceria São Paulo – Baviera

GT - SSE/EMAE - Estudo de viabilidade econômica, e modelagem para a implantação da URE

| Característica | Valor | Unidade |
|--|------------------------|----------------------|
| Capacidade de processamento de RSU (1) | 1.200 | t/dia |
| Poder Calorífico Inferior do RSU | 1.900 | kcal/kg |
| Redução de volume do RSU | 90 | % |
| Potência elétrica instalada | 26 | MW |
| Potência média disponível para venda | 18,3 | MW _{médios} |
| Área total da Central de Tratamento | 40.000 | m ² |
| Padrão de emissões atmosféricas | Resolução SMA-079/2009 | |
| Custo Total UTTR ⁽²⁾ | R\$ 324 milhões | |

(1) Modulação com 2 unidades de 600 t/d

(2) Sem incluir custo terreno

Fonte: EMAE, 2010

**Custo da energia gerada
R\$ 300/MWh**

São Bernardo do Campo queima lixo para gerar energia

19 de Julho de 2013 • Atualizado às 14h46

Curtir 201 Compartilhar Tweetar 19 +1 0



A incineração será capaz de suprir a metade da demanda de energia de São Bernardo.

A cidade de São Bernardo do Campo receberá a primeira instalação de aproveitamento da incineração de lixo entre o final de 2015 e o início de 2016. O projeto conta com o orçamento de R\$ 600 milhões, valendo para colocar a usina em prática.

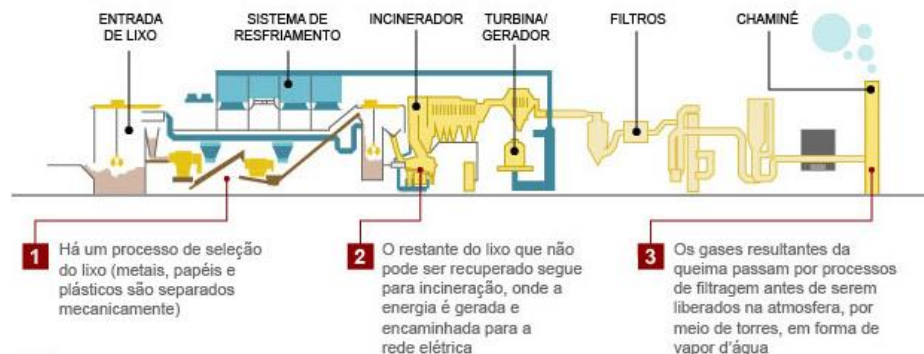
O lixo é queimado e o vapor gerado é usado para movimentar as turbinas. Nesse processo, a incineração será capaz de suprir a metade da demanda de energia de São Bernardo, cidade que possui cerca de 17 mil habitantes. A usina vai gerar até 22 megawatts/hora.

Estima-se que sejam produzidas 11 bilhões de toneladas de lixo diariamente no mundo, e, por conta disso, a cidade de São Bernardo do Campo...

<http://ciclovivo.com.br/noticia/sao-bernardo-do-campo-queima-lixo-par-energia>



Usina de incineração





Geração de eletricidade a partir de RSU (em municípios menores)

| Quantidade de RSU | Potencial de geração de eletricidade |
|--------------------------------------|--------------------------------------|
| 1200 t/d (grandes municípios) | 20 MW (incineração) |
| 60 t/d (município de 60 000 pessoas) | 1 MW (gaseificação) |
| 5 t/d (município de 5 000 pessoas) | 75 kW aprox (gaseificação) |

Incineração – > 10 MW

Gaseificação:

Leito fluidizado > 200 kW

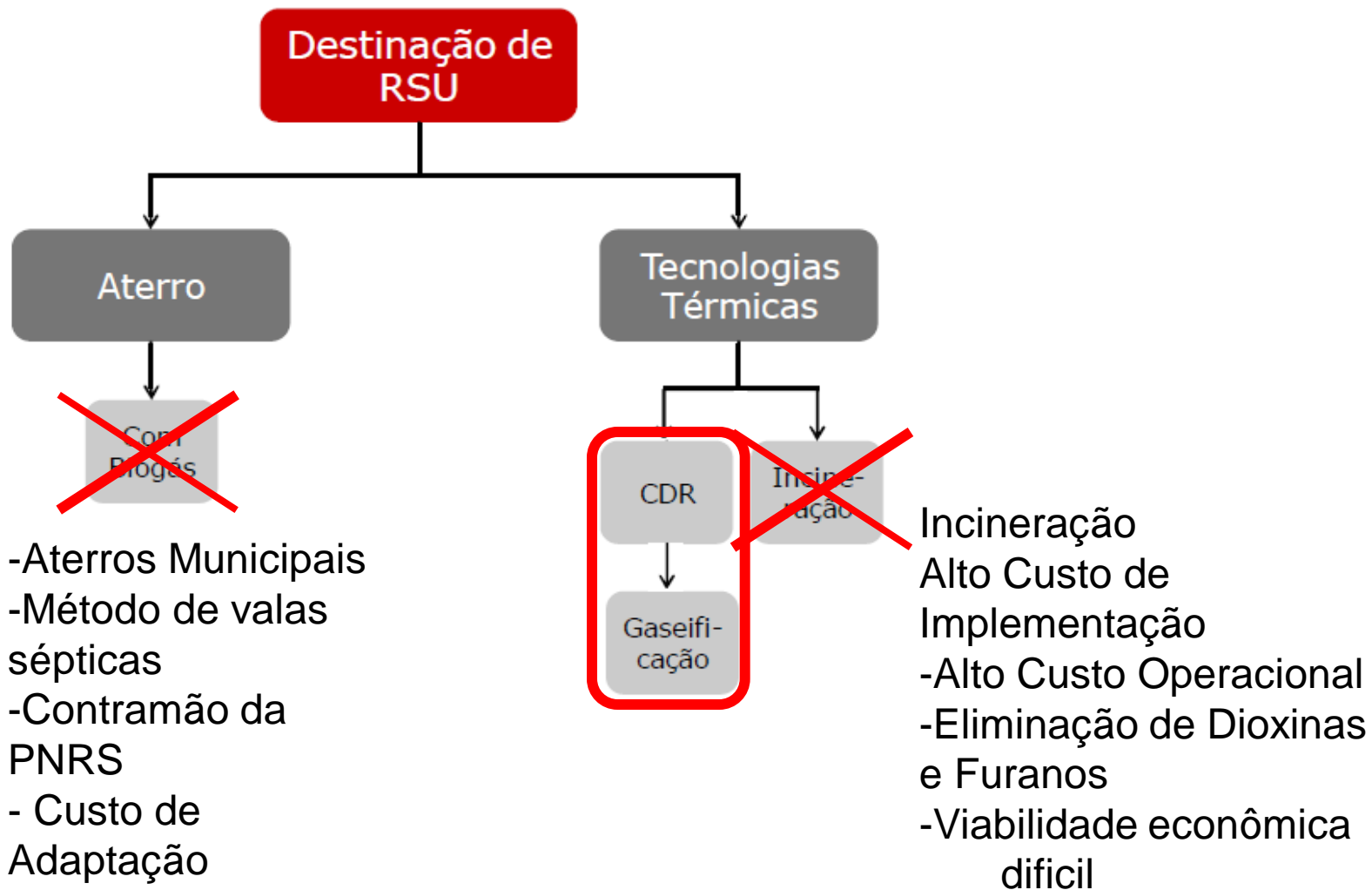
Leito fixo < 200 kW

Tabela 21 - Classificação quanto ao porte do município em relação ao número da população residente - Brasil – 2000.

| Classificação de acordo com o tamanho da população | Número de municípios | Relação ao Total |
|--|-----------------------|------------------|
| Pequeno Porte I | até 20 000 | 4.074 73,26% |
| Pequeno Porte II | De 20 001 até 50 000 | 963 17,32% |
| Meio Porte | De 50 001 até 100 000 | 299 5,56% |
| Grande Porte | Mais de 100 001 | 225 4,05% |
| Total | 5.561 | 100,00% |

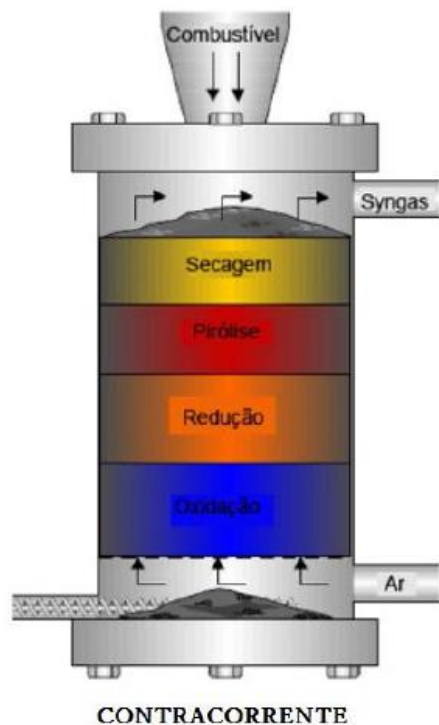
Fonte: Elaborado pelo autor com base no IBGE, 2000.

Aproveitamento energético em pequenos e médios municípios

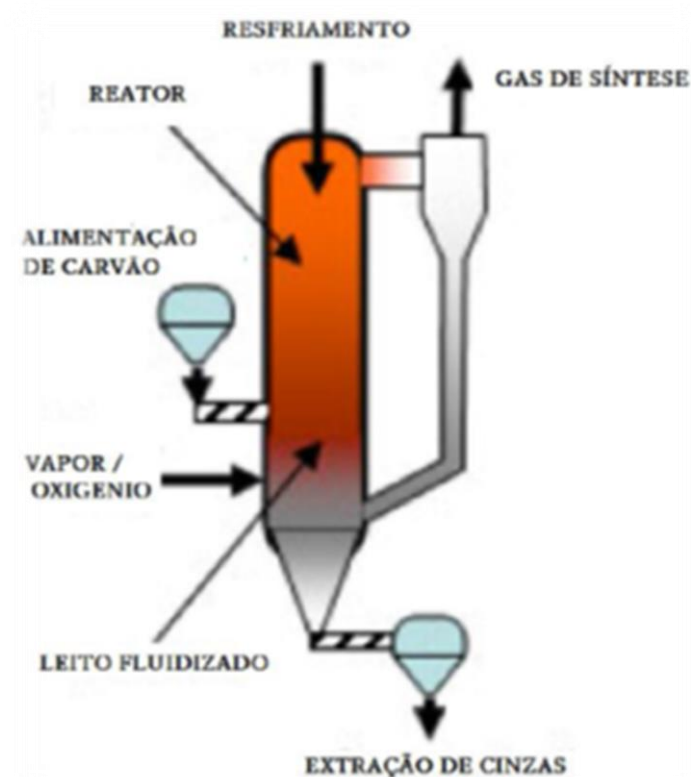


Gaseificação de RSU

Gaseificadores de leito fixo
Pequeno Porte <200 kW



Gaseificador leito fluidizado
Médio Porte >200 kW



Sistemas de gaseificação para RSU

Inaugurada a maior planta de gaseificação de resíduos do mundo



Página Sustentável, 18/07/2012

Com a presença de autoridades locais, a Europlasma inaugurou a sua planta de gaseificação para resíduos sólidos urbanos na cidade de Morcenx, na França. Participaram do evento cerca de 100 participantes que divididos em pequenos grupos puderam visitar a planta que custou mais de 40 milhões de euros e demorou 17 meses para ficar pronta. Com nome de CHO-

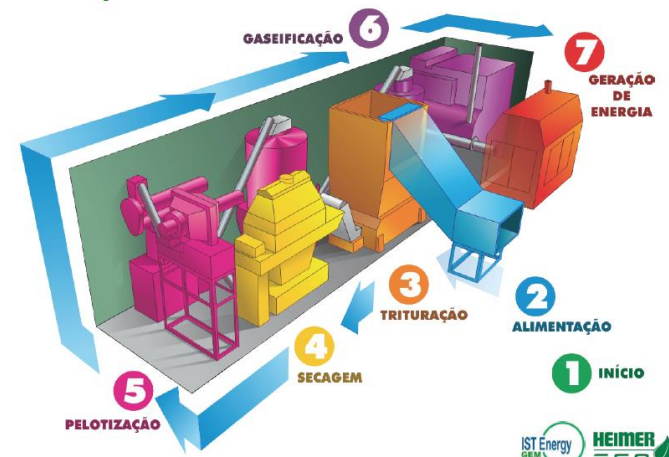
Grande porte – 12 MW
 - plasma - França

Visitantes puderam conhecer de perto a maior planta de gaseificação da Europlasma. Crédito/Foto: Divulgação

Power Plant, a partir de agosto e a atividade comercial para outubro. A sua potência máxima de 12MW e apenas um ano depois. Será a maior planta do mundo de recuperação energética através de gaseificação utilizando plasma. Ela será dividida em três principais áreas: conversão de resíduos e pedaços de madeira em combustíveis já está em funcionamento; produção de eletricidade e de recuperação de calor seguirão o cronograma g

Pequeno porte – 40-80 kW – EUA – leito fixo

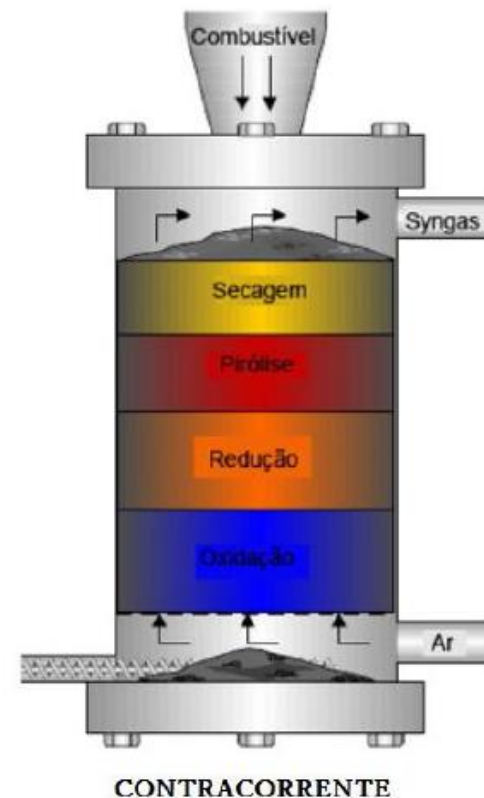
Princípio de Funcionamento do HLPE3T-GEM





Gaseificadores de leito fixo para RSU

- Necessidade de pré-tratamento cuidadoso (secagem e peletização)
- Para potências abaixo de 200 kW
- Limpeza do gás



Gaseificador de leito fixo para RSU

F.C. Luz et al/ *Energy Conversion and Management* 103 (2015) 321-327

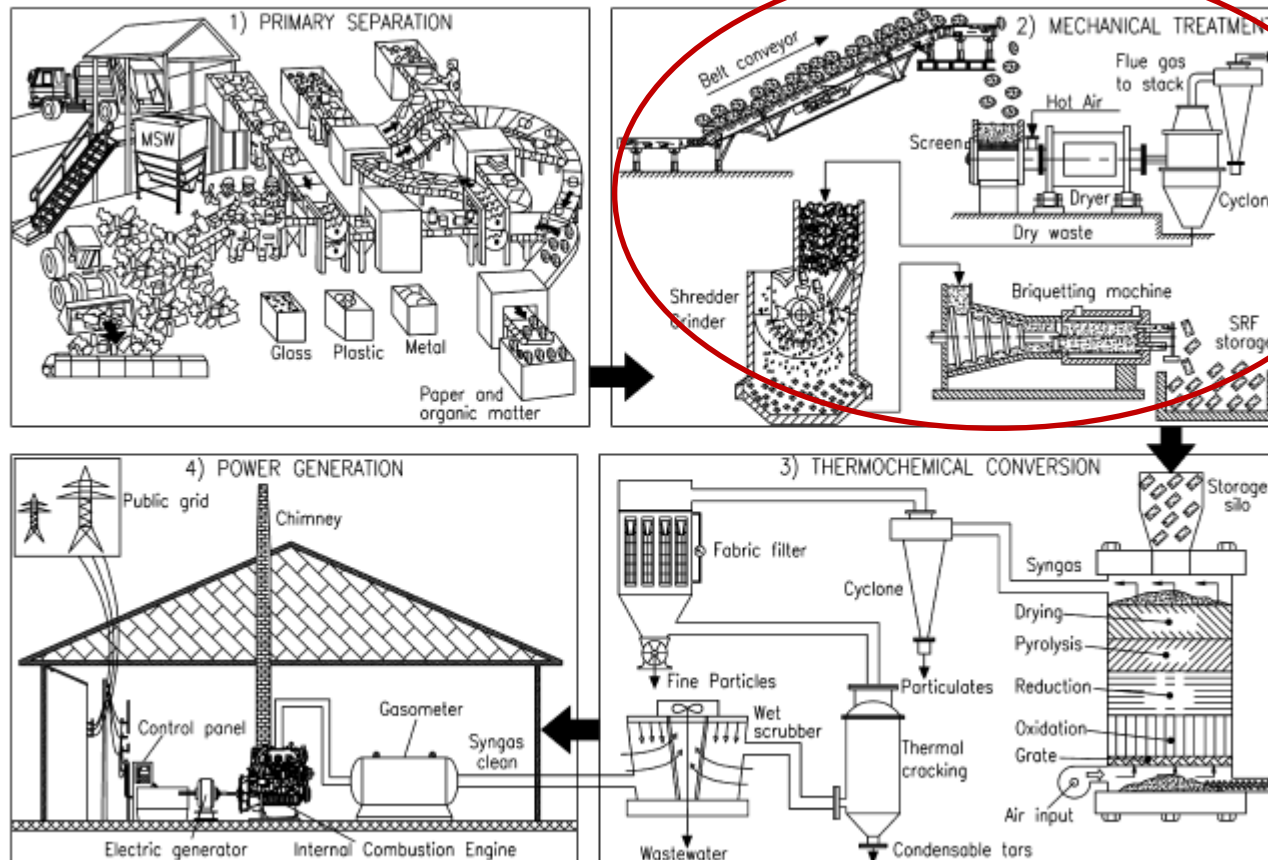
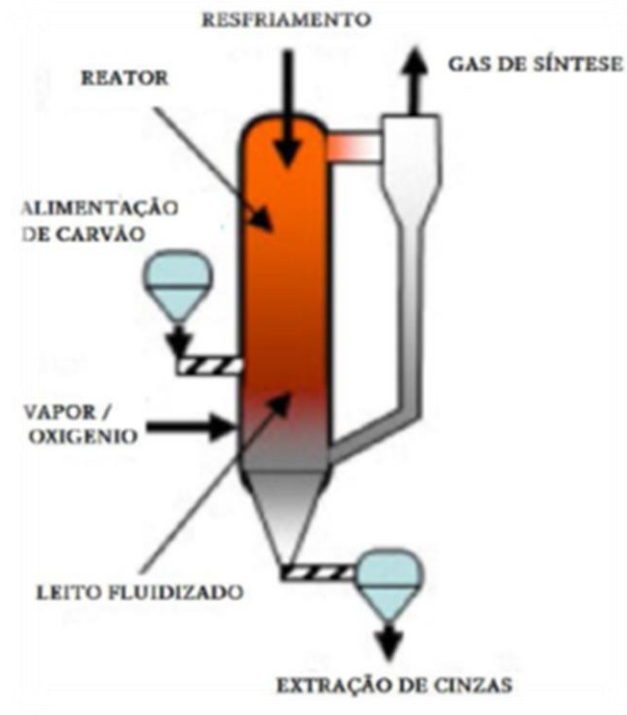


Fig. 1. Process flow sheet of the energy recovery from MSW.



Gaseificadores de leito fluidizado para RSU

- RSU transformados em CDR
- Flexibilidade na escala (até potências maiores)
- Menor necessidade de limpeza do gás





APROVEITAMENTO ENERGETICO DE RSU : ESTUDO DE CASO NO MUNICIPIO DE ITANHAEM – PECE/EPUSP

Luiz Henrique Miranda
Orientadora: Suani Teixeira
Coelho

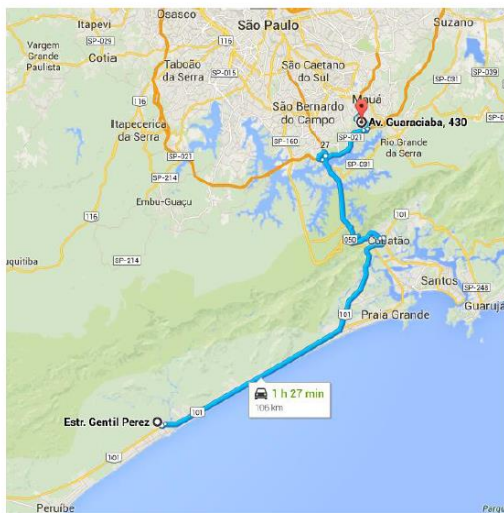


Figura 42 – Trajeto da destinação dos resíduos do município de Itanhaem – SP.

Fonte: Google Maps.

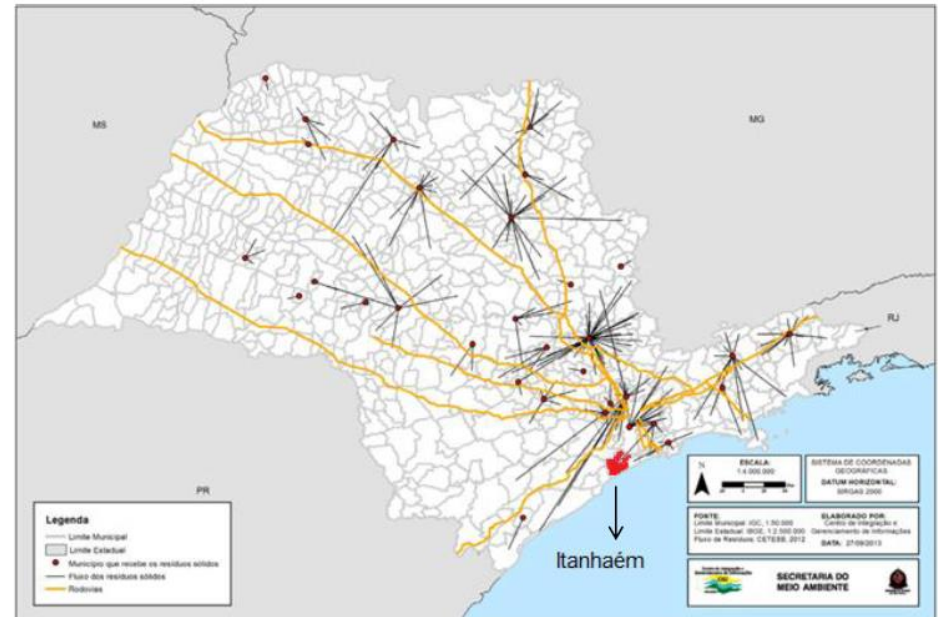


Figura 9 - Mapa de fluxo de resíduos sólidos urbanos no Estado de São Paulo.

Fonte: SMA/CPLA (2013).



ESTUDO DE CASO: GASEIFICAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU) NO VALE DO PARANAPANEMA – PROJETO CIVAP.

Luciano Reis Infiesta - 2015

Orientadora: Suani Teixeira Coelho



- Planta Piloto Carbogas - SP – 1MWth
- Desde 2000

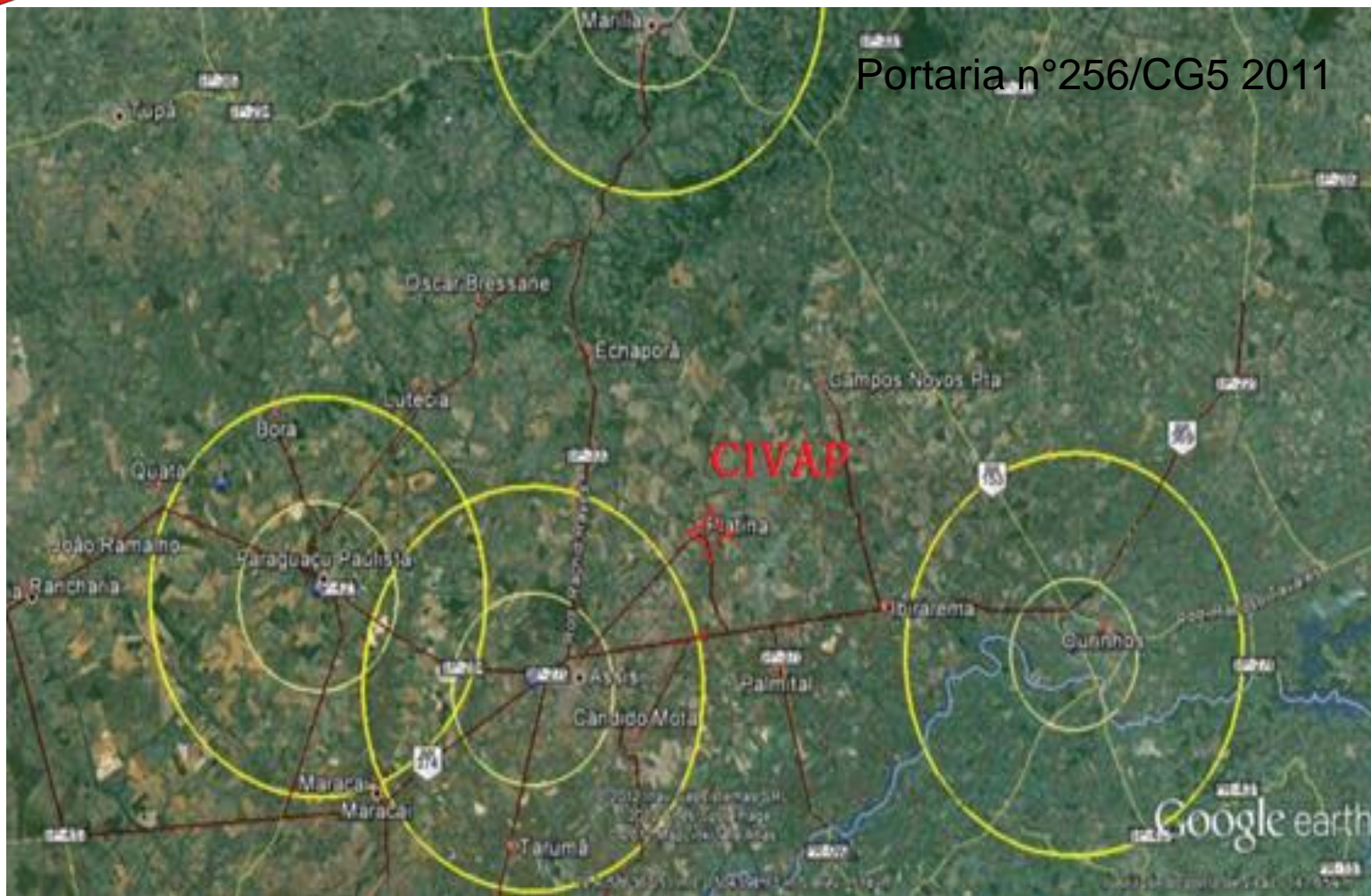
CDR



CIVAP



Consórcio Intermunicipal do Vale do Paranapanema



FONTE: Google Maps, 2014



Linha de CDR

Combustível Derivado de Resíduo



FONTE: Autoria Própria / Carbogas 2014.

PCI do CDR

4.190

Kcal/kg



Gaseificado

| | | | |
|-----|-----|----------|--------------------|
| N2 | 49% | 11451,94 | Nm ³ /h |
| H2O | 6% | 1402,28 | Nm ³ /h |
| CO2 | 10% | 2337,13 | Nm ³ /h |
| CO | 18% | 4206,8 | Nm ³ /h |
| H2 | 14% | 3272,0 | Nm ³ /h |
| CH4 | 3% | 701,14 | Nm ³ /h |

TROCADORES DE CALOR

SILO DE ALIMENTAÇÃO

| | | |
|------------|------|----------------------|
| PCI do Gás | 1160 | Kcal/Nm ³ |
|------------|------|----------------------|

REATOR DE LEITO FLUIDIZADO CIRCULANTE

SILO DE CALCÁRIO

VÁLVULAS DE ALIMENTAÇÃO

SISTEMA DE LIMPEZA DOS GASES

ROSCA DE ALIMENTAÇÃO



PLENUN

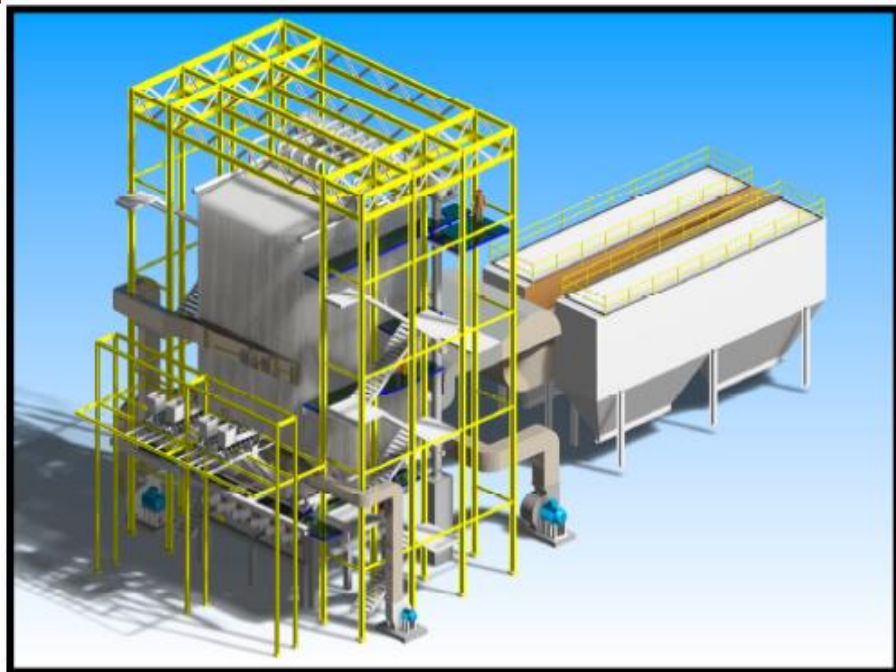
| | | |
|-----------------|---------|--------------------|
| Volume de gases | 23371,3 | Nm ³ /h |
|-----------------|---------|--------------------|

| | | |
|----------------|---------|------|
| Massa de gases | 26094,1 | Kg/h |
|----------------|---------|------|

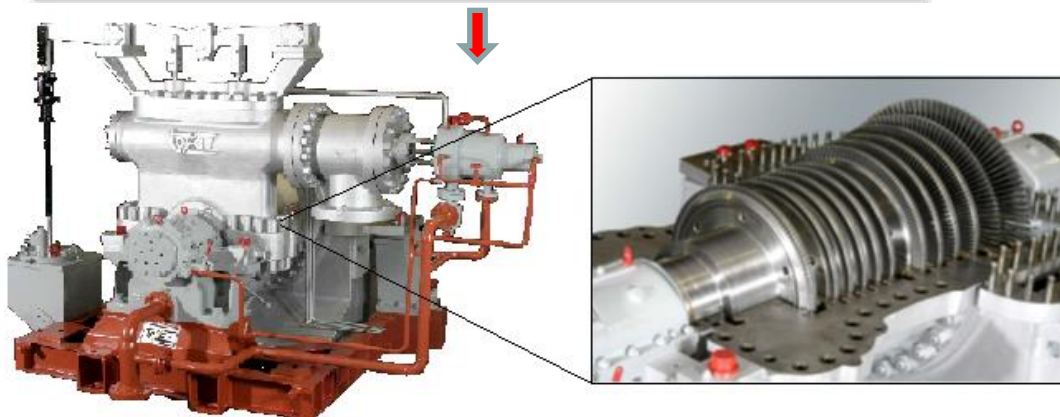
EXTRAÇÃO DE CINZAS



Caldeira e Turbina a Vapor



| | |
|---|-------------------------|
| Energia de Entrada na Caldeira | 113431228,4 kJ/h |
| Entalpia Agua de Entrada na Caldeira - 42 bar (105°C) | 440,1 kJ/kg |
| Entalpia Vapor de Saída na Caldeira - 42 bar (420°C) | 3255,80 kJ/kg |
| Rendimento + Temperatura Gases de Exaustão | 87% |
| Geração de Vapor | 35048 kg/h |



| | |
|---|-------------------|
| Dado - Consumo de Vapor na Turbina | 21501 kg/h |
| Dado - Geração de Energia Elétrica na Turbina 2 unid. | 5000 kW |
| Geração de Energia Elétrica Real | 8150 kW |
| Consumo da Própria Planta | 1450 kW |
| Energia Exportável | 6700 kW |



“Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) Comparativa entre Tecnologias de Aproveitamento Energético de Resíduos Sólidos”

P&D

Gbio/IEE/USP/ANEEL/EMAE



Região Baixada Santista

1200 t/d

90% RSU e 10% lodo de ETE

Cenário I

Sem reciclagem

Cenário II

Com reciclagem

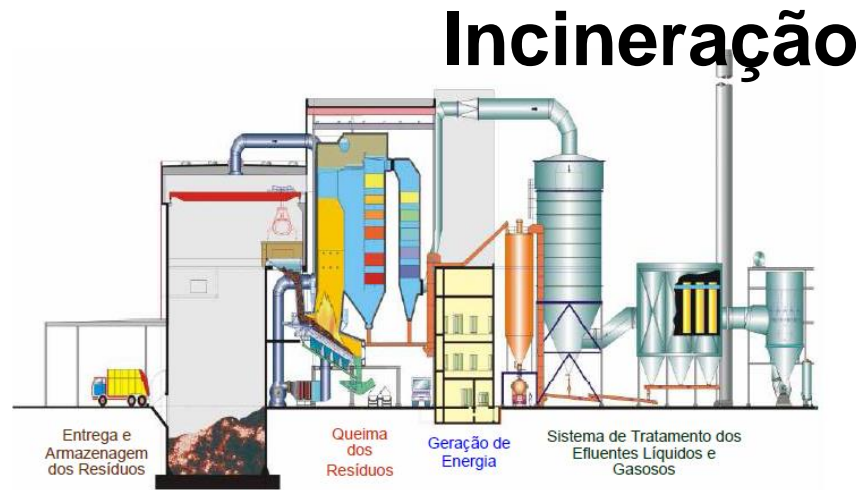




Tabela 1. Composição Gravimétrica do Mix em Base Úmida– Cenário I

| Componentes | Composição base úmida | Conversão para quantidade absoluta (t/dia) |
|---------------------------------------|-----------------------|--|
| Papéis | 4,77% | 57,24 |
| Papelões | 4,14% | 49,68 |
| PS (poliestireno) | 0,36% | 4,32 |
| PP (polipropileno) | 0,81% | 9,72 |
| PET (politereftalato de etileno) | 1,44% | 17,28 |
| PEAD (polietileno de alta densidade) | 3,78% | 45,36 |
| PEBD (polietileno de baixa densidade) | 4,68% | 56,16 |
| PVC (cloreto de polivinila) | 1,98% | 23,76 |
| Plástico "filme" e isopor | 5,40% | 64,8 |
| Embalagens Longa Vida | 1,17% | 14,04 |
| Borracha | 0,27% | 3,24 |
| Madeiras e podas | 3,69% | 44,28 |
| Metais ferrosos | 1,17% | 14,04 |
| Metais não ferrosos | 0,63% | 7,56 |
| Vidros | 1,26% | 15,12 |
| Couro | 0,27% | 3,24 |
| Trapos | 3,15% | 37,8 |
| Areias e pedras | 2,43% | 29,16 |
| Matérias Orgânicas | 45,09% | 541,08 |
| Fraldas descartáveis | 3,51% | 42,12 |
| Lodo | 10,00% | 120 |
| TOTAIS | 100 | 1.200 |

Fonte: PROEMA, 2011

Tabela 1. Composição Gravimétrica do Mix em Base Úmida – Cenário II

| Componentes | Composição base úmida (%) | Conversão para quantidade absoluta (t/dia) |
|---------------------------------------|---------------------------|--|
| Papéis | 5,76 | 57,24 |
| Papelões | 3,50 | 34,78 |
| PS (poliestireno) | 0,41 | 4,10 |
| PP (polipropileno) | 0,93 | 9,23 |
| PET (politereftalato de etileno) | 0,87 | 8,64 |
| PEAD (polietileno de alta densidade) | 4,11 | 40,82 |
| PEBD (polietileno de baixa densidade) | 5,09 | 50,54 |
| PVC (cloreto de polivinila) | 2,27 | 22,57 |
| Plástico "filme" e isopor | 6,52 | 64,8 |
| Embalagens Longa Vida | 1,34 | 13,34 |
| Borracha | 0,33 | 3,24 |
| Madeiras e podas | 3,35 | 33,21 |
| Metais ferrosos | 0,14 | 1,40 |
| Metais não ferrosos | 0,08 | 0,76 |
| Vidros | 1,06 | 10,58 |
| Couro | 0,33 | 3,24 |
| Trapos | 3,80 | 37,80 |
| Areias e pedras | 2,94 | 29,16 |
| Matérias Orgânicas | 40,85 | 405,81 |
| Fraldas descartáveis | 4,24 | 42,12 |
| Lodo | 12,08 | 120 |
| TOTAL | 100 | 993,38 |

Fonte: Elaboração própria

Tabela 1. Estimativa do PCS e PCI e Umidade para os Cenários

| Cenário | PCS | PCI | Umidade (%) |
|------------|----------------------------|----------------------------|-------------|
| Cenário I | 12,55 MJ/kg = 3002 kcal/kg | 11,37 MJ/kg = 2733 kcal/kg | 53,6 |
| Cenário II | 13,24 MJ/kg = 3167 kcal/kg | 12,01 MJ/kg = 2887 kcal/kg | 53,8 |

Fonte: Elaboração própria



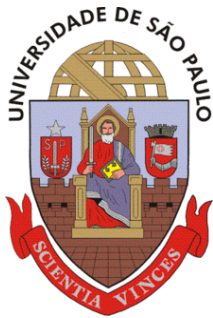
“Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) Comparativa entre Tecnologias de Aproveitamento Energético de Resíduos Sólidos”

PROJETO P&D – GBio/IEE/USP - EMAE – ANEEL

Cenários para eletricidade gerada para cada tecnologia (90% RSU + 10% Lodo de ETE)

| | cenario 1 (MW) 438.000 t/ano | cenario 2 (MW) 375.000 t/ano |
|--------------------|---|---|
| Aterro | 3.9 | 3.1 |
| Incineração | 27.5 | 24.5 |
| TMB total* | 9.6 | 7.5 |

- Incluindo a geração no aterro após o TMB: C1- 3 MW ; C2- 2.8 MW
- cenário 1 – sem reciclagem; cenário 2 – reciclagem baseada nas perspectivas de mercado

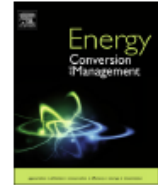


ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

Energy Conversion and Management

journal homepage: www.elsevier.com/locate/enconman



Gaseificador
tipo down -
draft

Techno-economic analysis of municipal solid waste gasification for electricity generation in Brazil



Fábio Codignole Luz^a, Mateus Henrique Rocha^{b,*}, Electo Eduardo Silva Lora^b, Osvaldo José Venturini^b, Rubenildo Vieira Andrade^b, Marcio Montagnana Vicente Leme^b, Oscar Almazán del Olmo^c

^a Department of Industrial Engineering, University of Rome Tor Vergata, Via Del Politécnico 1, 00133 Rome, Italy

^b NEST - Excellence Group in Thermal Power and Distributed Generation, Institute of Mechanical Engineering, Federal University of Itajubá, Av. BPS 1303, Itajubá, Minas Gerais State CEP: 37500-903, Brazil

^c ICIDCA - Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar, Via Blanca y Carretera Central 804, San Miguel Del Padrón, A.P. 4036, La Habana, Cuba

Table 1
Number of the Brazilian municipalities, the population range of the subgroup, the average population of the band and daily average MSW generation (adapted from [24,25]).

| Subgroup | Subgroup population range (people) | Average population (people) | Number of municipalities (cities) | Average MSW generation (ton MSW/day) |
|----------|------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|
| A | 805–5000 | 3362 | 1301 | 4.10 |
| B | 5001–10,000 | 7048 | 1212 | 8.60 |
| C | 10,001–20,000 | 14,093 | 1401 | 17.19 |
| D | 20,001–30,000 | 24,110 | 581 | 29.41 |
| E | 30,001–40,000 | 34,203 | 311 | 41.73 |
| F | 40,001–50,000 | 44,371 | 151 | 54.13 |
| G | 50,001–75,000 | 60,714 | 220 | 74.07 |
| H | 75,001–100,000 | 85,306 | 105 | 104.07 |
| I | 100,001–150,000 | 117,515 | 106 | 143.37 |
| J | 150,001–200,000 | 173,231 | 44 | 211.34 |
| K | 200,001–350,000 | 259,845 | 70 | 317.01 |
| L | 350,001–500,000 | 411,891 | 25 | 502.51 |
| M | 500,001–750,000 | 597,139 | 15 | 728.51 |
| N | 750,001–1,000,000 | 844,251 | 8 | 1029.90 |
| O | Over 1,000,000 | 2,677,360 | 15 | 3266.40 |

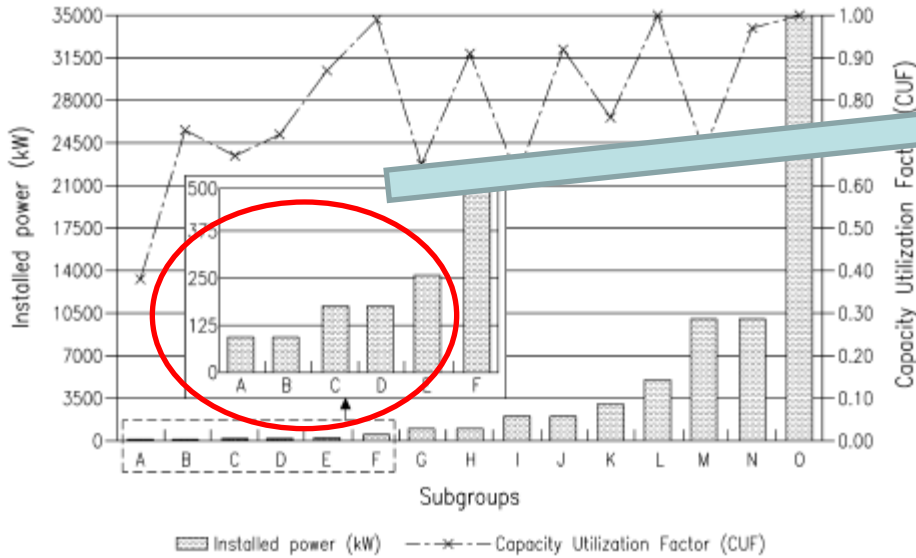


Fig. 4. Installed power and CUF of subgroups.

Gaseificador down-draft
Indicação técnica < 200 kW
Mas difícil viabilidade
economica IRR < 0

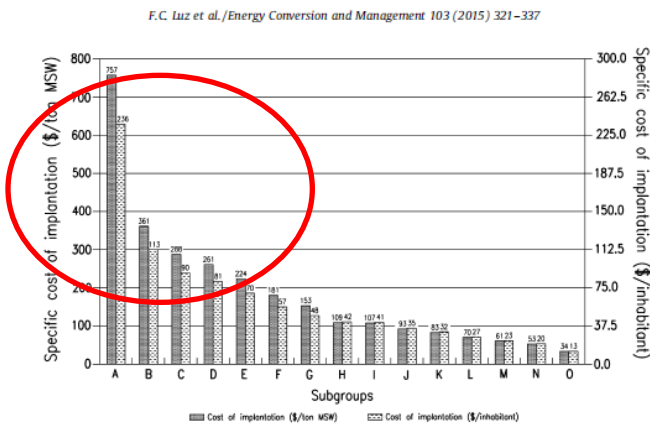


Fig. 10. Specific cost of implantation of a new facility for the MSW gasification to electricity generation.

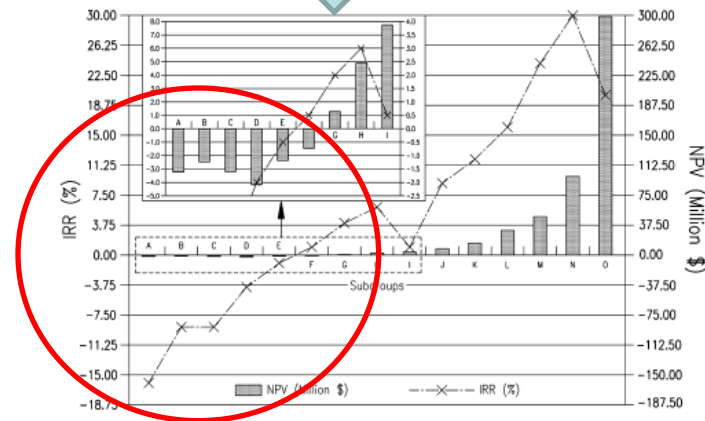
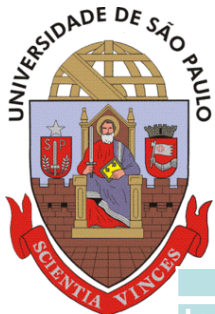


Fig. 12. Economic assessment of the Scenario 1.



CIVAP

Investimentos



| INVESTIMENTO NA LINHA DE CDR | | |
|---|-------------------|----------|
| Investimento linha de cdr | R\$ 25.000.000,00 | R\$ |
| Tempo de construção | 2 | ANOS |
| Custos indiretos | R\$ 4,21 | R\$/ton |
| Opex | R\$ 5.539.258,29 | R\$ /ano |
| Processamento anual de rsu | 162000 | ton |
| Receita de resíduo sólido urbano + metais | R\$ 13.645.922,73 | R\$ /ano |
| Depreciação | 5 | ANOS |
| Quantidade de financiamento | 80,0% | % |
| Juros financiamento | 7,5% | % |
| Período financiamento | 5 | ANOS |
| Preço resíduo sólido urbano | R\$ 80,00 | Ton |
| INVESTIMENTO SISTEMA DE GASEIFICAÇÃO | | |
| Investimento | R\$ 50.500.000,00 | R\$ |
| Tempo de construção | 2 | ANOS |
| Custos indiretos | R\$ 622.334,09 | R\$/MWh |
| Opex | R\$ 2.812.218,77 | R\$ /MWh |
| Produção anual de energia elétrica | 57.992 | MWh/ano |
| Fator de capacidade | 95 | % |
| Preço energia elétrica | R\$ 215,00 | MWh |
| Receita na venda de energia elétrica | R\$ 11.202.013,57 | R\$ /ano |
| Depreciação | 5 | ANOS |
| Quantidade de financiamento | 80,0% | % |
| Juros financiamento | 7,5% | % |
| Período financiamento | 5 | ANOS |
| VPL - valor presente líquido | R\$ 30.437.529,09 | |
| TIR - taxa interna de retorno | 41,87% | |



Propostas de Políticas Públicas

- Incentivar o saneamento básico atrelado à geração de energia (com tarifas diferenciadas): RSU, esgoto e resíduos de propriedades rurais: **linhas de crédito especiais e garantia de compra da energia.**
- Estimular a realização de projetos, visando à **demonstração da viabilidade, técnica, econômica e socioambiental** da geração de energia a partir de RSU, bem como à formação de recursos humanos.
- Estimular as instituições de ensino / P&D a realizar **programas cooperativos** com as indústrias, direcionando as atividades para desenvolvimento de tecnologias nacionais economicamente viáveis para mercado competitivo.
- **Outros??**



10° Congresso
sobre Geração Distribuída
e Energia no Meio Rural

11 a 13
de novembro de 2015

GD 2015

Universidade de São Paulo (USP)
São Paulo - Brasil

AGRENER

Informações: secretaria.agrener@workoutenergy.com.br
Tel.: +55 (11) 5531-0847 (Cristina) - +55 (11) 3091-2652

CALENDÁRIO

Até 22/08/2015 – Recebimento dos Abstracts

Até 30/08/2015 – Parecer sobre os Abstracts

Até 30/09/2015 – Recebimento dos Trabalhos Completos para Análise

Até 15/10/2014 – Envio das Cartas de Aceite dos Trabalhos Completos

De 11 a 13/11/2015 – Realização do X Agrener - 2015

Informações: www.iee.usp.br/agrener



Obrigada!

suani@iee.usp.br

<http://www.iee.usp.br/gbio>