# Unidades de Tratamento Térmico de Resíduos Sólidos Urbanos com Recuperação de Energia

## Uma Solução Sanitária e Energética

**Departamento de Engenharia do Habitat e Infraestrutura**
**Divisão de Engenharia Sanitária**

*Sergio Frate*

Instituto de Engenharia

*18 de maio de 2010*

# Sumário

- A EMAE
- Cooperação técnica SP-Baviera e GTs
- História
- O Problema atual dos resíduos sólidos urbanos
- Alternativas para a gestão
- Unidades de tratamento térmico - UTTRs
- Padrões para emissões e equipamentos de controle
- Estudos de viabilidade
- Desafios e obstáculos
- *Cases* no mundo

# Empresa Metropolitana de Águas e Energia

A EMAE é concessionária de serviços públicos de geração de energia elétrica, criada em Janeiro de 1998, a partir da cisão da Eletropaulo, contando com 790 empregados.

Sociedade de capital aberto com controle acionário do Governo do Estado de São Paulo.

Além da geração de energia, é responsável também pelo controle de cheias do Rio Pinheiros.

Tem direcionado esforços em estudos de energias alternativas e renováveis.

| | |
|---|---|
| Usinas hidrelétricas e PCHs | 936 MW |
| Usinas termelétricas | 760 MW |
| Usinas elevatórias | Traição e Pedreira |
| Reservatórios | Billings e Guarapiranga |
| Barragens | Edgard de Souza e Pirapora |

# Cronologia recente no Estado de São Paulo

- **Acordo de Cooperação Técnica** (São Paulo e Baviera - 2004)

  Objetivo: Estudar as soluções empregadas na Alemanha para o gerenciamento de resíduos sólidos municipais, especialmente em Regiões Metropolitanas.

  Atividades: Visitas técnicas a plantas de tratamento térmico de RSU em operação no estado da Baviera, acompanhamento das missões técnicas da Baviera no Brasil, reuniões com profissionais brasileiros e estrangeiros e elaboração de procedimentos para licenciamento de UTTR no Estado de São Paulo.

- **Grupo de Trabalho EMAE/Cetesb/Sabesp** (Resolução Conjunta SSE/SMA n° 49/2007, 18/10/07)

- **Criação de equipe técnica na EMAE** (2007)

# Um pouco de história (1)

## A LIMPESA DA CIDADE

**Legenda da iustração "A limpesa da cidade"**

*" O serviço de remoção do lixo é péssimo, mas o atual prefeito não dispõe de elementos para reformar o contrato que lhe legou o seu sucessor ( Dos jornais)'*

Cumpra cada um o seu dever que a cidade ficará sempre limpa!

Fonte: O Pirralho, 02/03/1912

# Um pouco de história (2)

# Um pouco de história (3)

## Collecta e destino dos residuos

A Prefeitura Municipal, em officio de 18 de fevereiro p. p., reclama a attenção da Municipalidade para o serviço de limpeza publica e particular, frisando a necessidade inadiavel de dar-se immediata execução ao novo contracto firmado com os actuaes empresarios.

Emquanto não se consegue esse desideratum, só ha duas soluções: ou o "tout à la rue" ou a remoção immediata. Do "tout à la rue" não precisamos falar: sómente o praticam as populações despidas de educação hygienica e nos logares onde não ha intervenção dos poderes constituidos. E' forçoso, portanto, que se remova o lixo *in natura*, e, para isso elle deve percorrer a via publica até attingir o logar de seu deposito ou transformação final, onde geralmente se reune ao lixo das ruas e onde soffre geralmente a mesma sorte deste ultimo.

# Um pouco de história (4)

— Em S. Paulo, a limpeza publica e particular está a cargo da municipalidade e é feita por empreitada.

Mas o serviço, tal como se executa hoje em dia, satisfaz porventura ás necessidades do municipio? A negativa dispensa qualquer documentação que a corrobore: sabem todos que neste particular a situação da cidade é simplesmente deploravel. Ha muito que não a temos tão suja, tão immunda, em tão completo abandono. Por toda a parte — a poeira suffocante; ruas convertidas em monturo; bairros inteiros transformados em esterqueira e lembrando as repugnantes "*cidades dos krumires*"... Um perigo, um descalabro, uma vergonha...

# Um pouco de história (5)

DESTINO DO LIXO

A ultima questão, e exactamente a mais importante e a mais complexa é commum aos dois ramos do serviço de limpeza. Que fazer de todos os detrictos removidos das ruas e das habitações?

Dentre os systemas actuaes de disposição do lixo, o que poderiamos adoptar em S. Paulo seria um destes: incorporação ao sólo *in natura*, utilização agricola com tratamento prévio, reducção e incineração.

O problema é, a um tempo, sanitario e economico, e a escolha de qualquer dos processos deve ser feita com attenção ás condições peculiares de cada localidade.

# Um pouco de história (6)

Todas as sympathias do relator do parecer são pela incineração, cuja excellencia é attestada por sua diffusão crescente. A unica desvantagem, que lhe increpam, isto é, o preço elevado das installações e do custeio, está mais que largamente compensada: 1.°) pela superioridade que apresenta o processo no ponto de vista da hygiene publica; 2.°) pela economia resultante da suppressão das despesas de transporte, por isso que os fornos podem ser montados sem inconveniente sensivel, no recinto urbano; 3.°) pela consideração de que os apparelhos comburentes não são simples estabelecimentos de destruição, mas centros de producção de energia, utilizando o poder calorifero do lixo e substituindo, assim, a utilização agricola pela utilização industrial.

# Um pouco de história (7)

Mas, quaesquer que sejam as nossas preferencias pessoaes, ha dois pontos em que todos estamos de accordo.

O primeiro é que nenhum processo deve ser escolhido, sem que á escolha preceda um inquerito minucioso sobre o volume e a composição dos refugos da cidade, o seu poder auto-comburente, o seu valor economico e os demais elementos da questão. O regimen a estabelecer ha de ser forçosamente um regiben provisorio, que sirva de transição entre o estado actual e a solução definitiva. Urge, porém, que se iniciem os estudos e as experiencias.

O segundo ponto, em que ha perfeita concordancia de vistas, é a necessidade de supprimir os depositos de lixo no perimetro urbano.

# Quase 100 anos depois (1)

CARTACAPITAL 26 DE SETEMBRO DE 2007 11

CAOS URBANO

Os aterros sanitários das grandes cidades estão prestes a explodir. Faltam leis, investimentos e soluções eficientes para lidar com o inadiável problema

FOLHA DE S.PAULO

DOMINGO, 30 DE NOVEMBRO DE 2008 • ESPECIAL C1

Colapso na área do lixo afeta litoral norte

A10 | Valor | Segunda-feira, 25 de agosto de 2008

Política

Prefeituras Concessões e licitações são questionadas pela Justiça e retardam ação administrativa

Prefeitos fracassam na busca de soluções para a questão do lixo

# Quase 100 anos depois (2)

FOLHA DE S.PAULO C6 cotidiano TERÇA-FEIRA, 26 DE MAIO DE 2009

## 42 municípios paulistas terão de licenciar ou fechar lixões

C16 cotidiano DOMINGO, 20 DE SETEMBRO DE 2009 FOLHA DE S.PAULO

## Sem aterros, SP planeja incinerar lixo

Estudos do governo começaram em 2004; ideia é implantar primeira grande usina que produza energia em até dois anos

# Ações desenvolvidas pela EMAE

- ✓ Estudos preliminares de viabilidade
- ✓ Visitas técnicas internacionais
- ✓ Participação em congressos e seminários
- ✓ Contratação de consultoria para caracterização técnico-operacional e de orçamento.
- ✓ Contratação de consultoria para a modelagem de negócio visando a implantação de empreendimento no Estado de São Paulo.

# Geração de resíduos sólidos urbanos - RSU

- Produção média no Brasil …… 0,5 kg/hab/dia
- Grandes cidades e Regiões Metropolitanas …. 1,0 kg/hab/dia
- Município de São Paulo ..... 11.000 t /dia
- Região Metropolitana de São Paulo ..... 18.000 t / dia
- Região Metropolitana de Campinas ..... 1.500 t /dia
- Região Metropolitana da Baixada Santista ..... 1.000 t /dia

# Gestão avançada dos RSU

- Redução

- Reutilização
- Reciclagem e compostagem

- Recuperação Energética

- Aterro sanitário

captação de metano ➔ queima de metano ➔ geração de energia

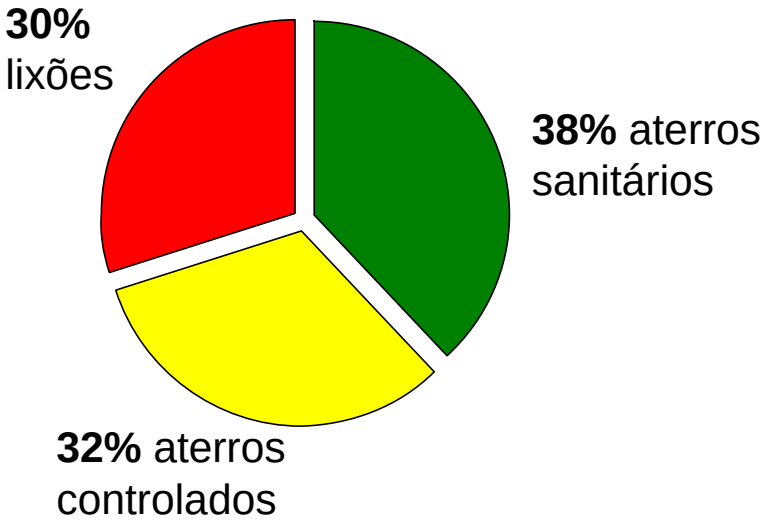
# Destinação atual dos RSU

## No Brasil

**141.000 t/dia**

- Destinação em aterros

*Fonte: ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (Dados de 2007)*

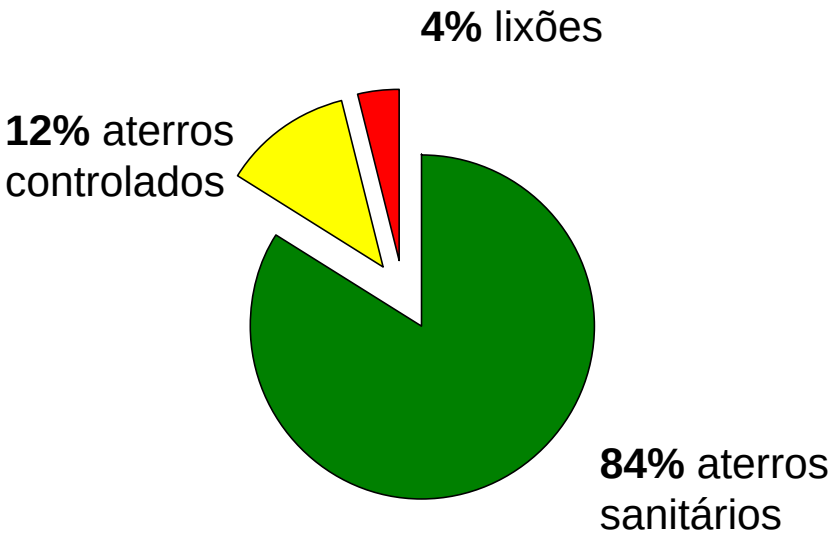



## No Estado de São Paulo

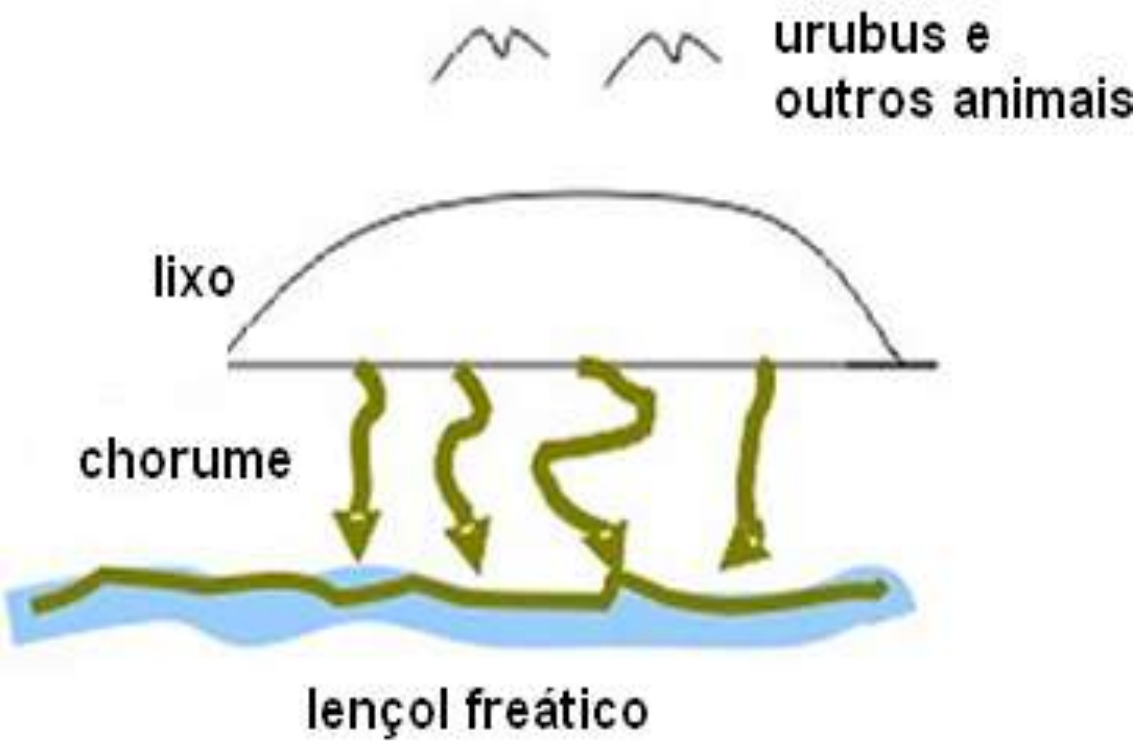
**27.630 t/dia**

- Destinação em aterros

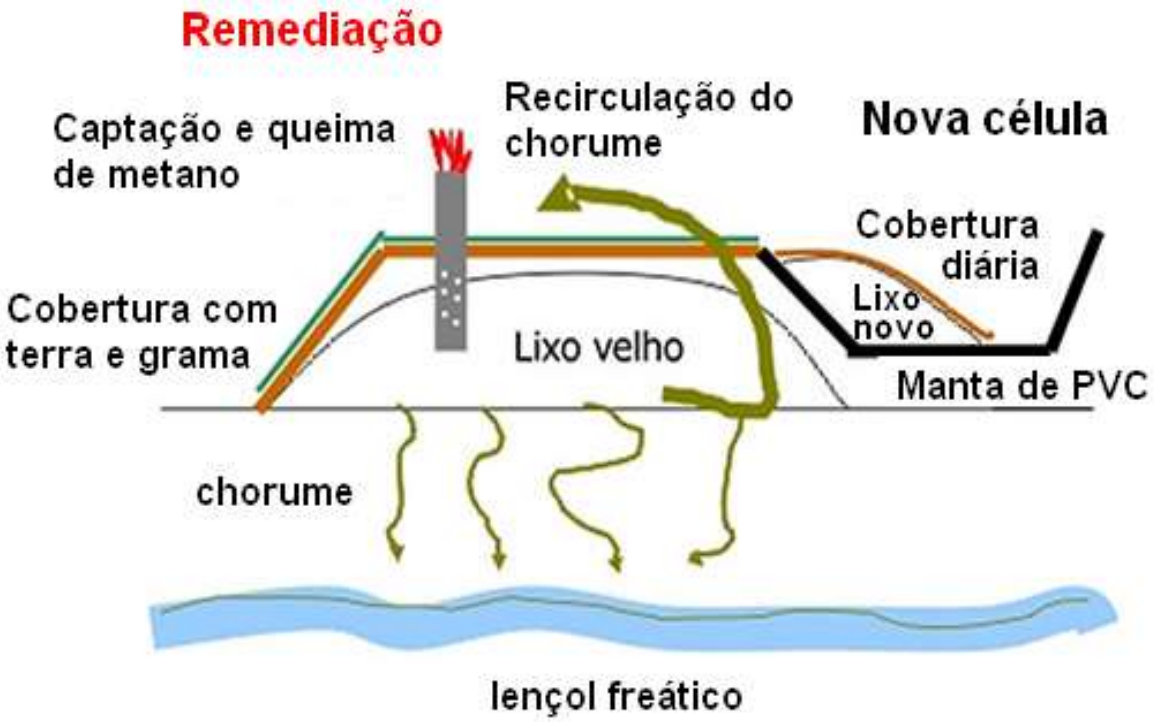
*Fonte: Inventário CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (Dados de 2008)*



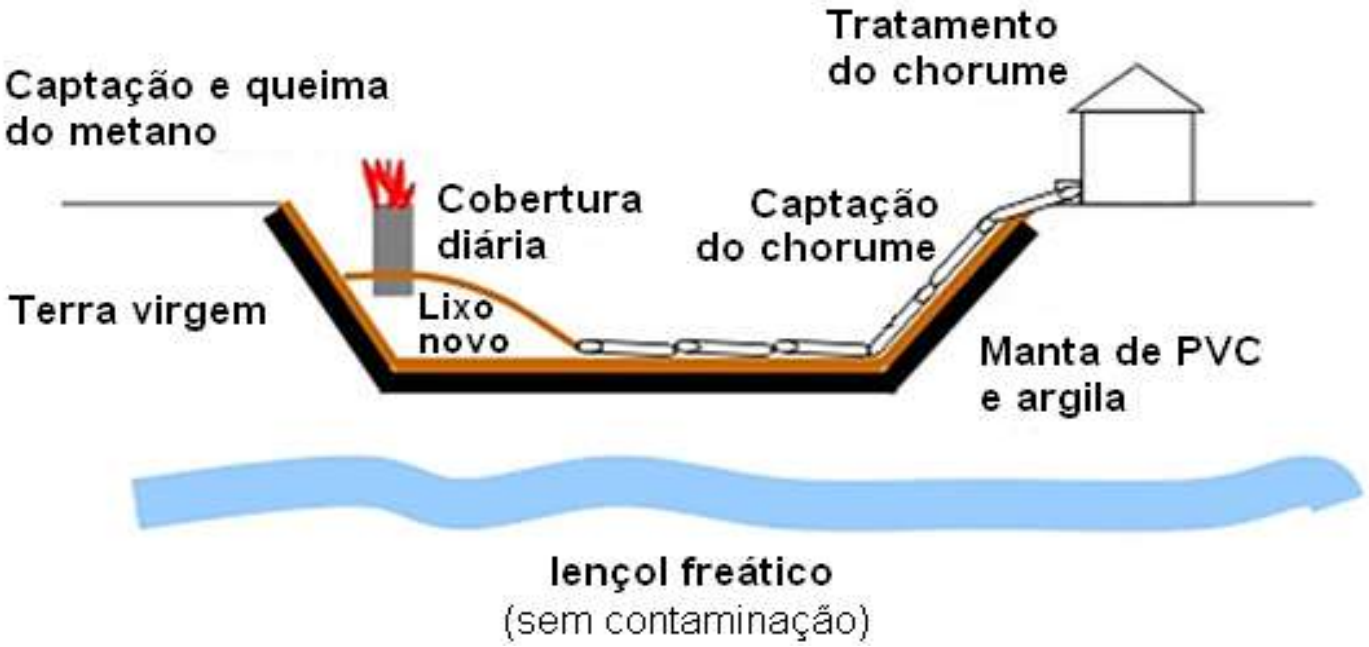
# Lixão



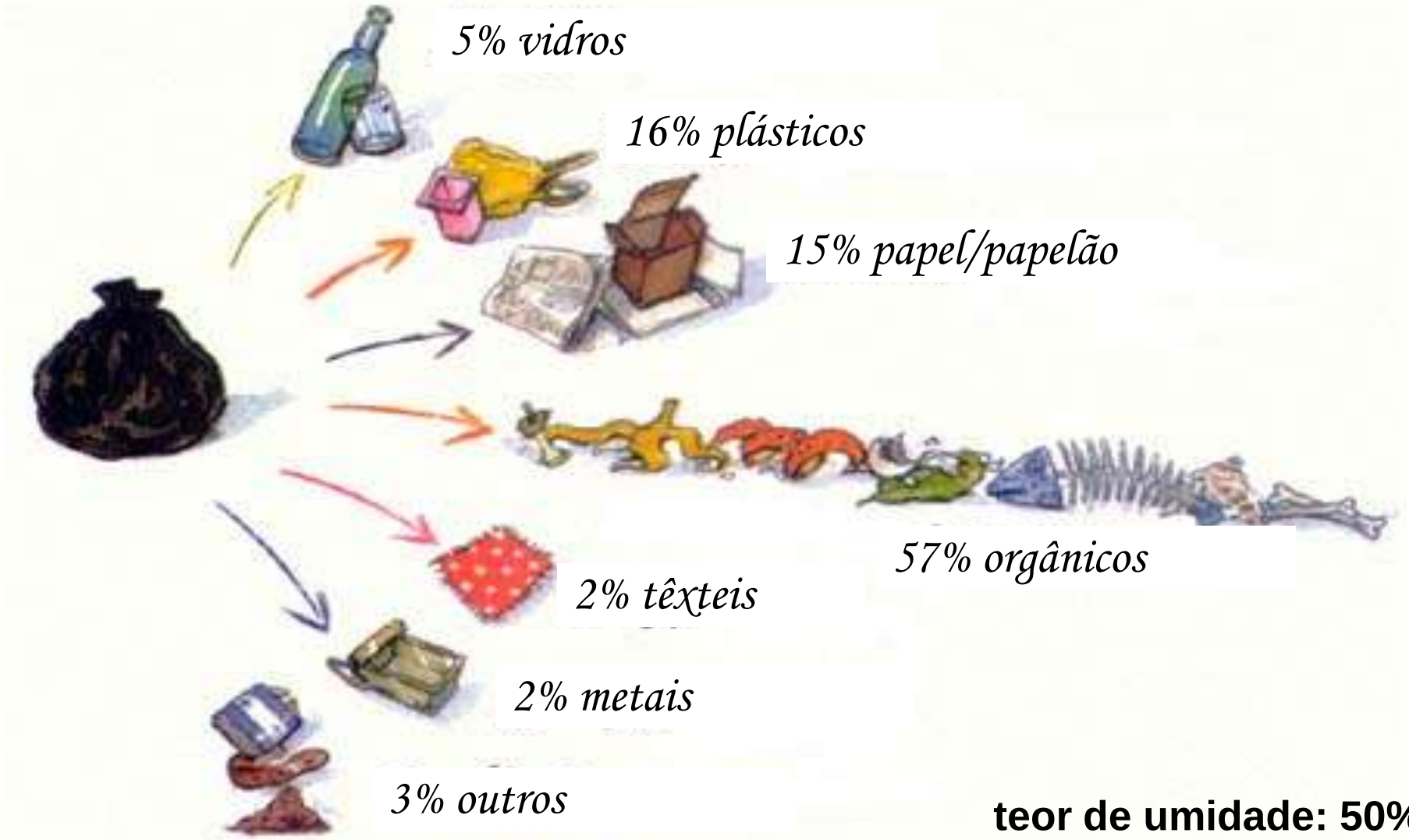
# Aterro controlado



# Aterro sanitário



# Composição gravimétrica típica dos RSU




**teor de umidade: 50%**

# Energia contida nos RSU

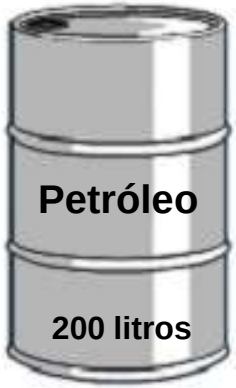
**Poder calorífico inferior**

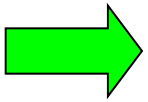
**1.900 kcal/kg**

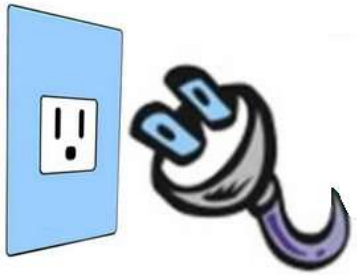
(7.950 kJ/kg)

**1 ton. de RSU**

=





**500 kWh**

***OU***

**2,5 ton. de vapor**

**( 40 bar e 400 ºC )**

# Como recuperar a energia contida nos resíduos (1)

**Atualmente:**

- Aterrar os resíduos
  Captar o gás de aterro (metano)
- Recuperar energia do gás de aterro em motores ou turbinas
- Problemas: carência de áreas, degradação do entorno, aterros mais distantes, maiores custos de transporte, passivo ambiental de longo prazo, baixa eficiência de captação do biogás, emissão não-controlada de metano e outros poluentes

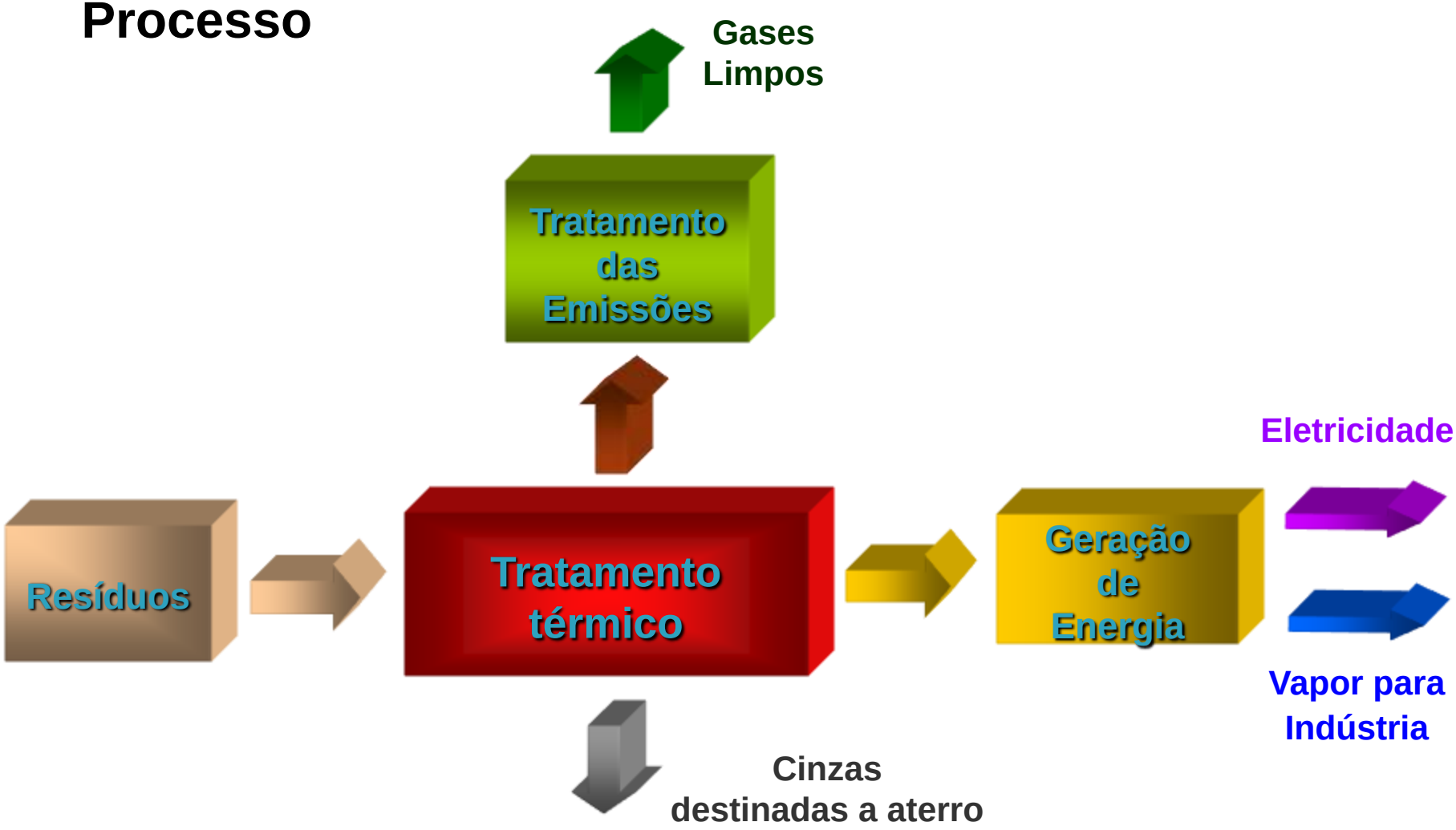
# Como recuperar a energia contida nos resíduos (2)

**Visão de futuro:**

- Recuperar energia **antes** dos resíduos serem aterrados
- Método: tratamento térmico. A energia dos resíduos produz energia elétrica ou vapor

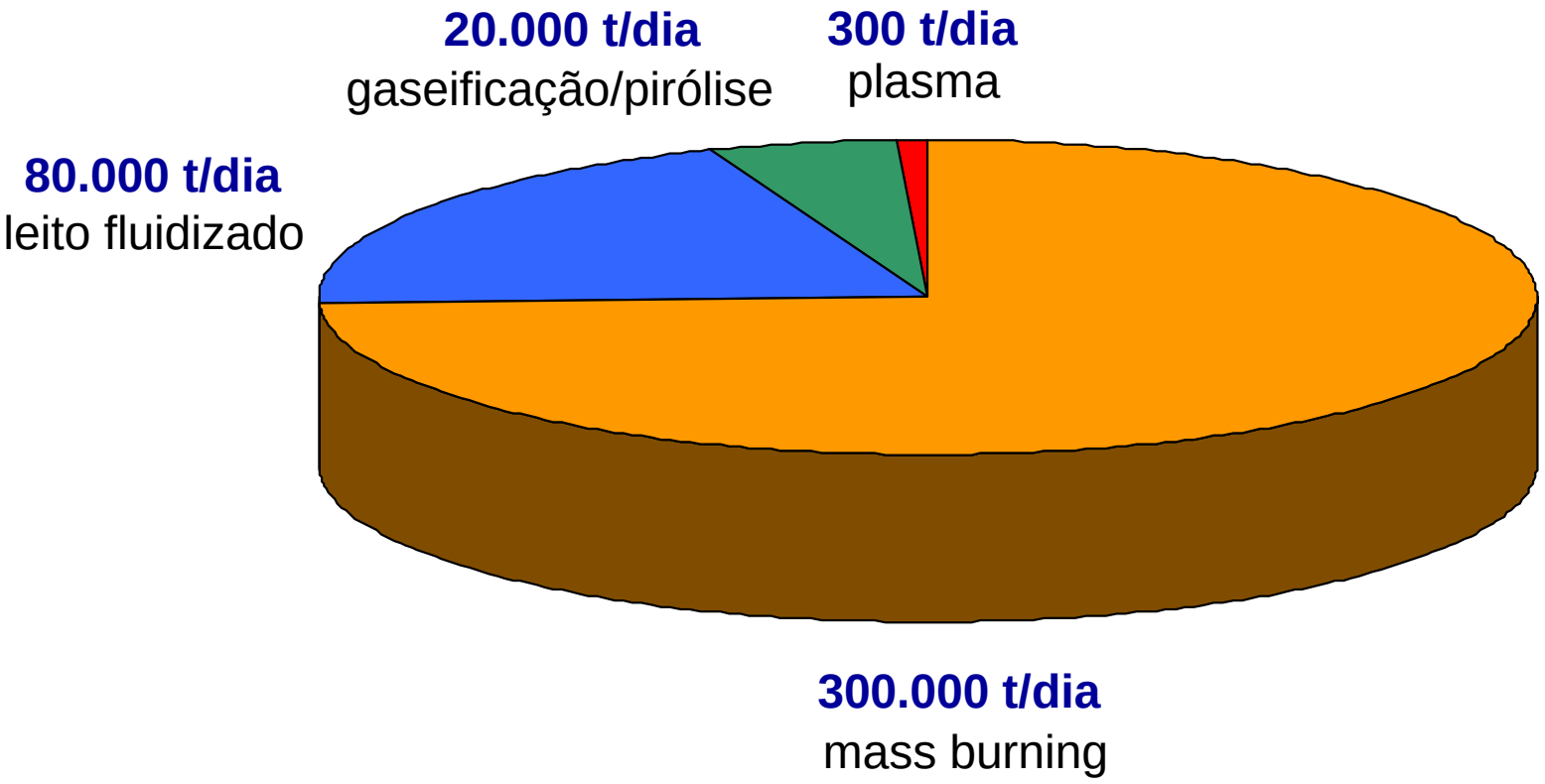
# Unidade de tratamento térmico de resíduos - UTTR

## Fluxograma do Processo



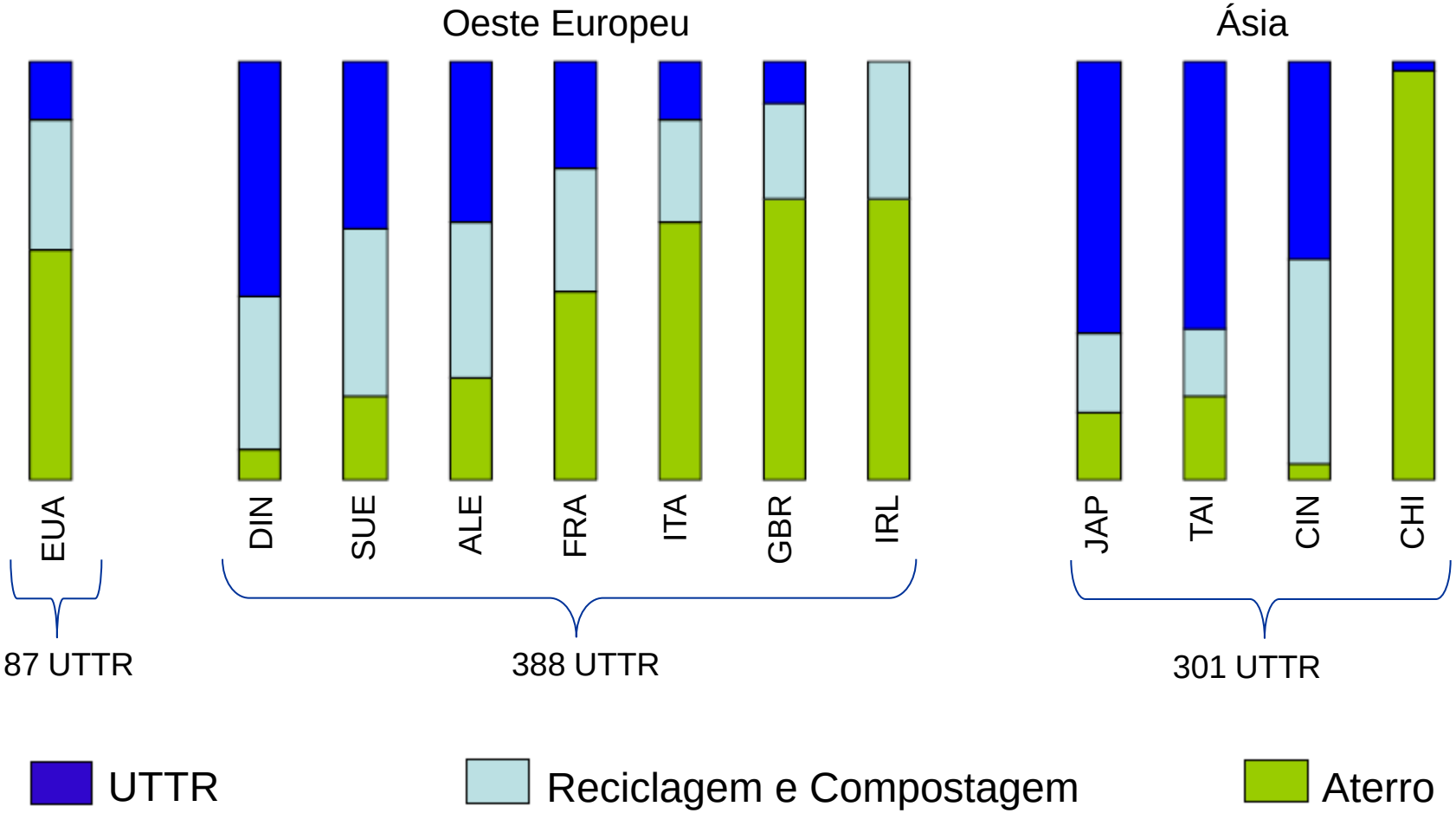
# Tecnologias de tratamento térmico de resíduos

Quantidades de RSU tratadas termicamente no mundo



# UTTRs
# Panorama mundial

## 776 UTTRs




*Fonte: IWSA – Integrated Waste Services Association - 2007*

# O processo *mass burning*

O processo consiste na incineração de resíduos, na forma em que são recebidos na UTTR, sem necessidade de triagem ou beneficiamento prévio.

O calor resultante é aproveitado para geração de energia elétrica e/ou vapor para processos industriais.

As unidades possuem equipamentos de controle de poluição para atender os mais rigorosos limites de emissões.

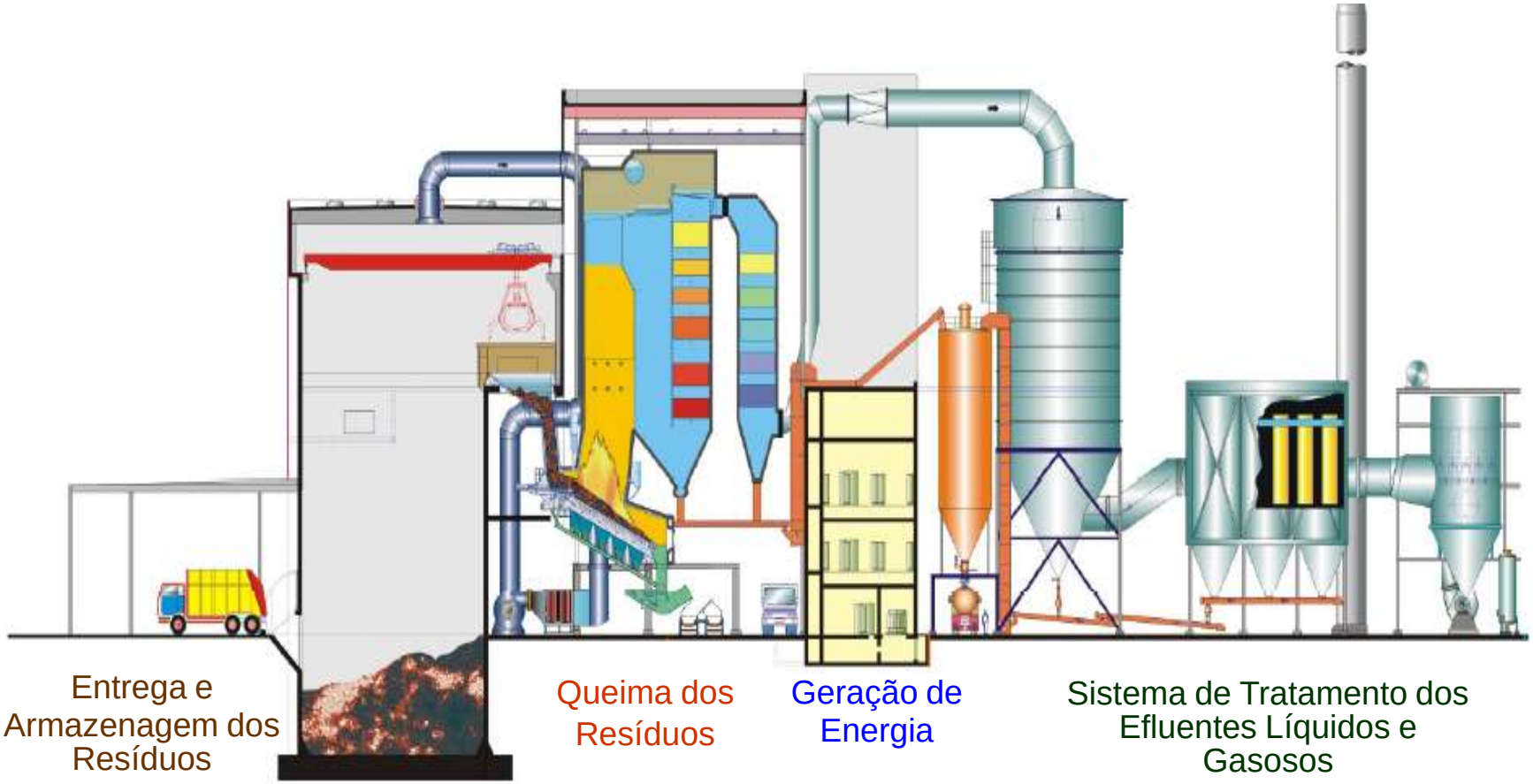
# Vantagens do processo *mass burning*

- Tecnologia consagrada: utilizada em 75% das unidades instaladas do mundo
- Não requer pré-tratamento dos resíduos
- Mais flexível a variações na composição dos resíduos
- Redução de 90% do volume dos resíduos
- Adotada em regiões densamente povoadas
- Abatimento dos poluentes contidos nos resíduos
- Possibilita adequado controle de emissões: satisfaz a Diretiva 2000/76/CE da União Européia e Resolução SMA 079
- Tecnologia indicada para quantidades de resíduos acima de 200 até 4.200 t/d

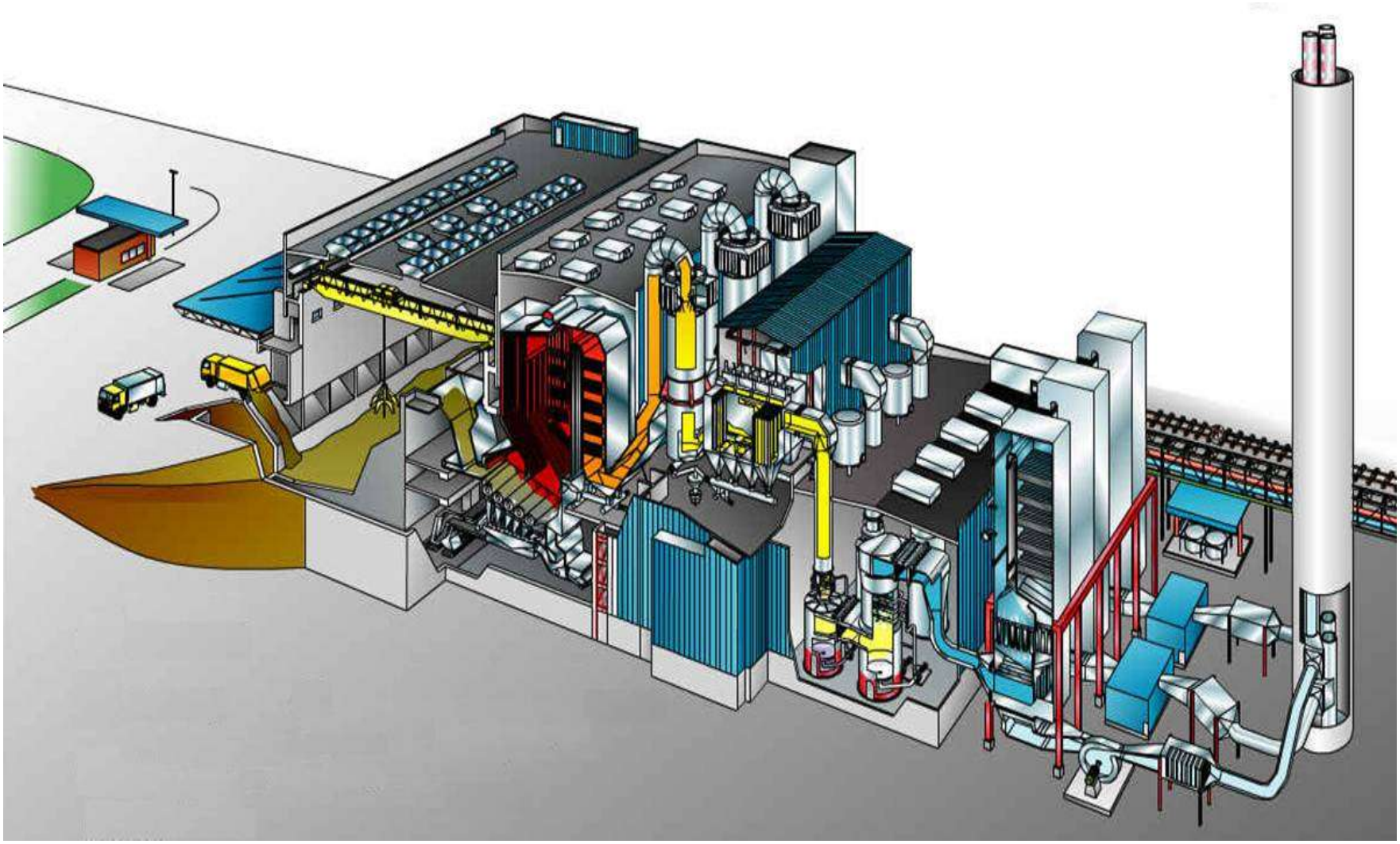
# Benefícios

- Reduz 90% o volume dos RSU e prolonga a vida útil dos aterros
- Produz energia
- Controla e abate as emissões aos padrões internacionais
- Reduz os gases de efeito estufa em relação aos aterros
- Evita contaminações do solo e corpos d’água, minimizando os passivos ambientais dos aterros
- Otimiza a logística de transporte dos resíduos

# Configuração típica de uma UTTR

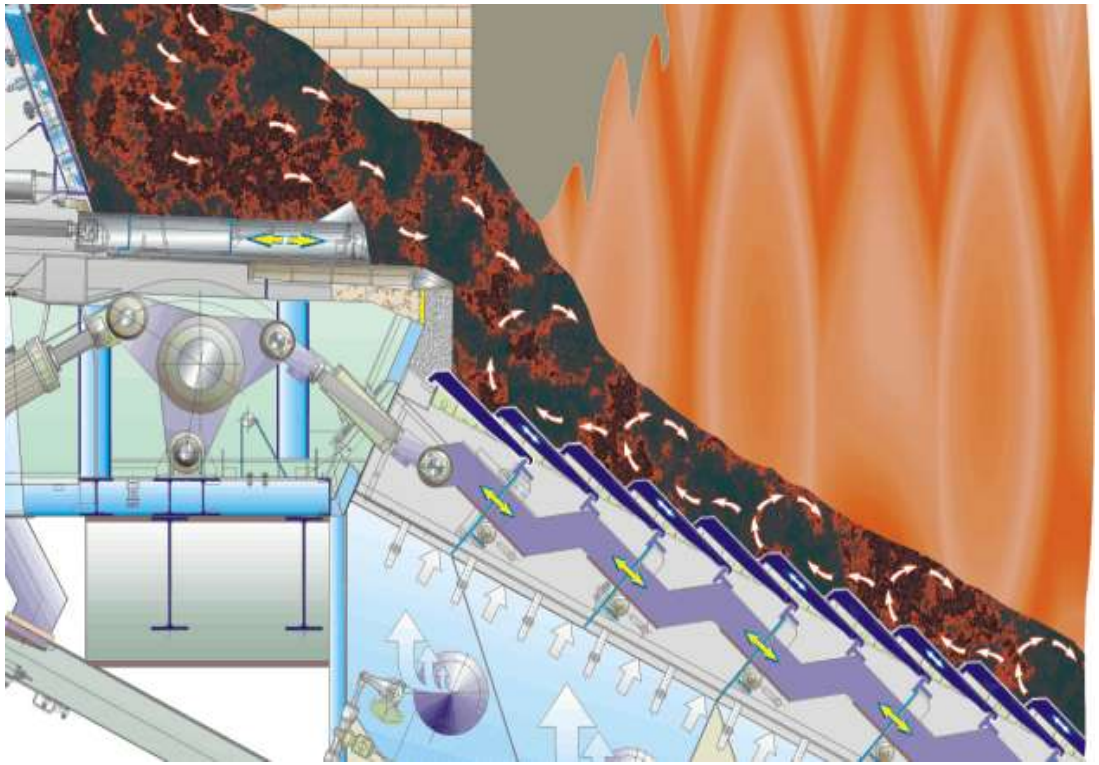


# UTTR

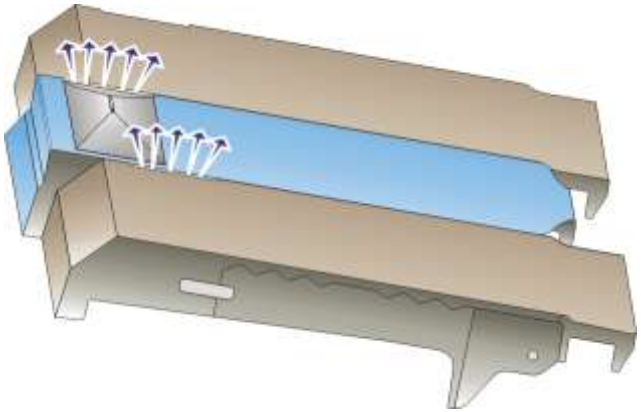


# Grelhas e câmara de combustão

# Funcionamento da grelha



Mecanismo de movimentação das barras da grelha



# Recebimento e armazenagem dos RSU

# Operação

# Sala de controle

# Câmara de combustão

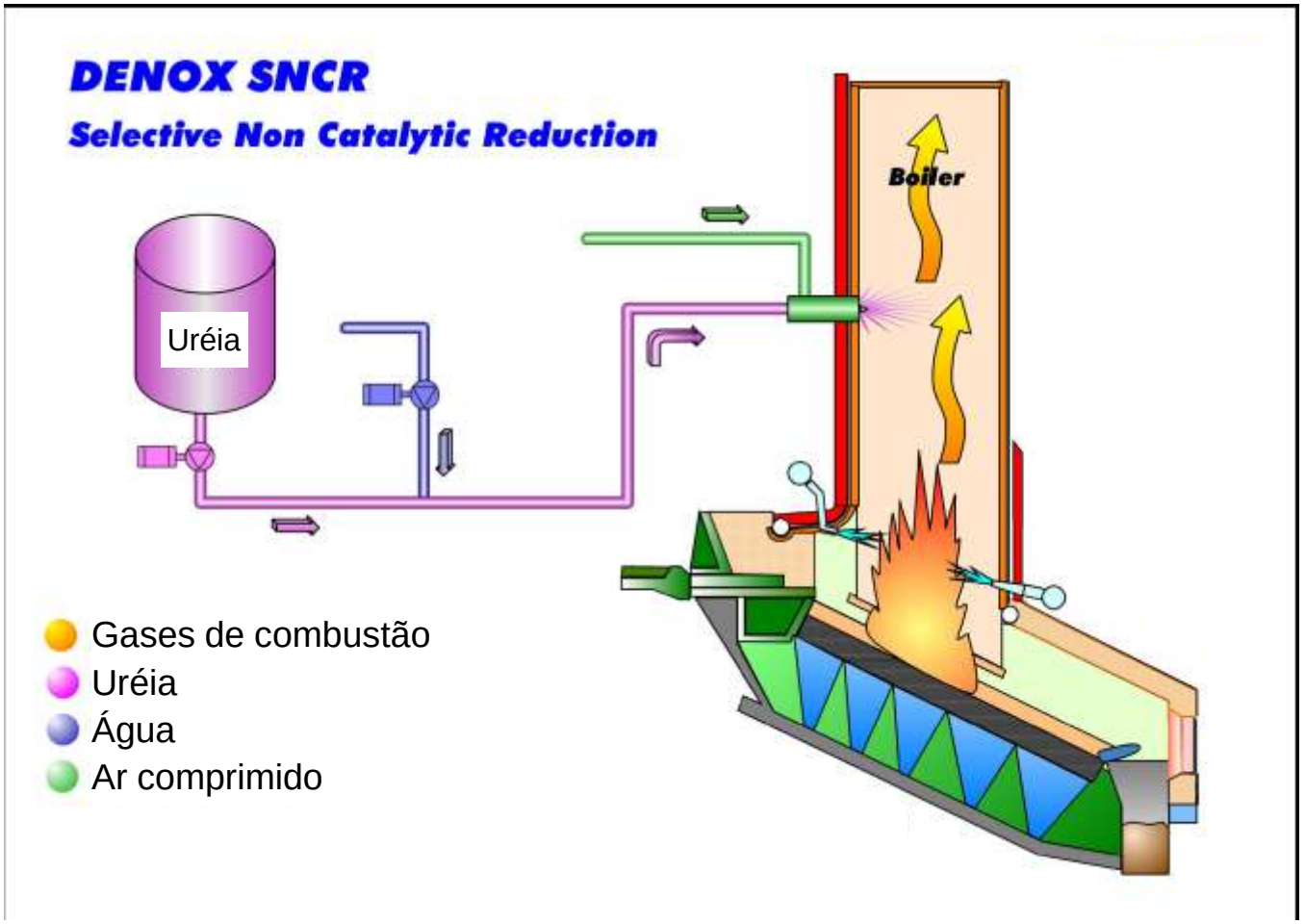
## Sucata ferrosa

# Normas e limites para emissões em UTTRs

| Parâmetro | Unidade | Referência | CONAMA 382 e 316 (*) | EPA 40 USA (*) | Diretiva 2000/76 União Européia 28/12/2000 | Resolução SMA 079 4/11/2009 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Material Particulado | $mg/Nm^3$ | Base seca 11% $O_2$ | 55 | 14 | 10 | 10 |
| NOx | $mg/Nm^3$ | | 550 | 150 | 200 | 200 |
| SOx | $mg/Nm^3$ | | 1000 | 65 | 50 | 50 |
| HCl | $mg/Nm^3$ | | 58 | 14 | 10 | 10 |
| CO | $mg/Nm^3$ | | 94 | 94 | 50 | 50 |
| Hg | $mg/Nm^3$ | | - | 0,04 | 0,05 | 0,05 |
| Cd + Ti | $mg/Nm^3$ | | - | 0,01 (apenas Cd) | 0,05 | 0,05 |
| HF | $mg/Nm^3$ | | 3,6 | - | 1,0 | 1,0 |
| Dioxinas e Furanos | $ng/Nm^3$ | | 0,4 | 0,20 | 0,1 | 0,1 |

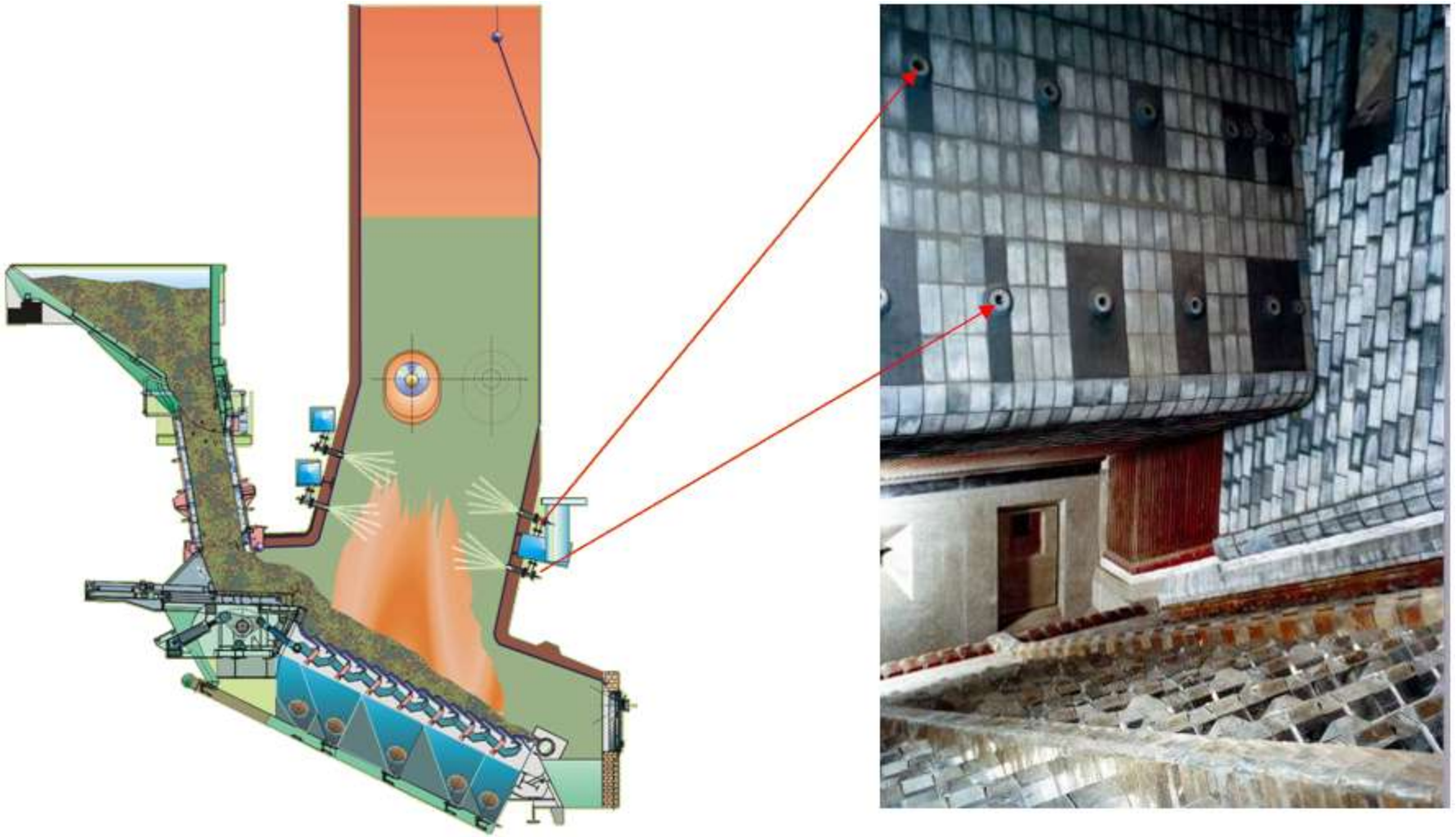
(*) Valores originais a 7% $O_2$, convertidos para 11% $O_2$, para efeito de comparação.

# Abatimento de emissões $NO_x$



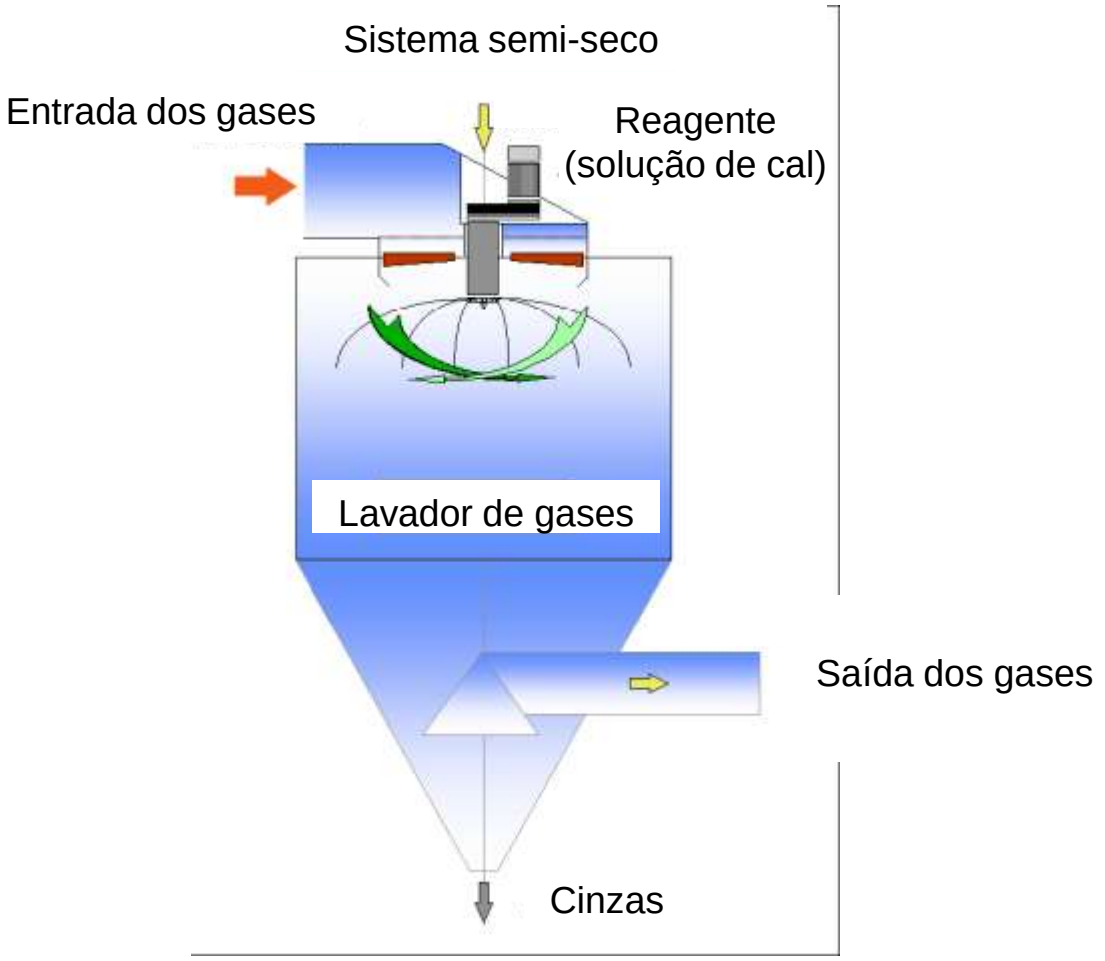

1. Injeção controlada de uréia na caldeira
2. Reação da uréia com os $NO_X$, formando $H_2O$, $CO_2$ e $N_2$
3. Emissão pela chaminé

# Abatimento de emissões $NO_x$



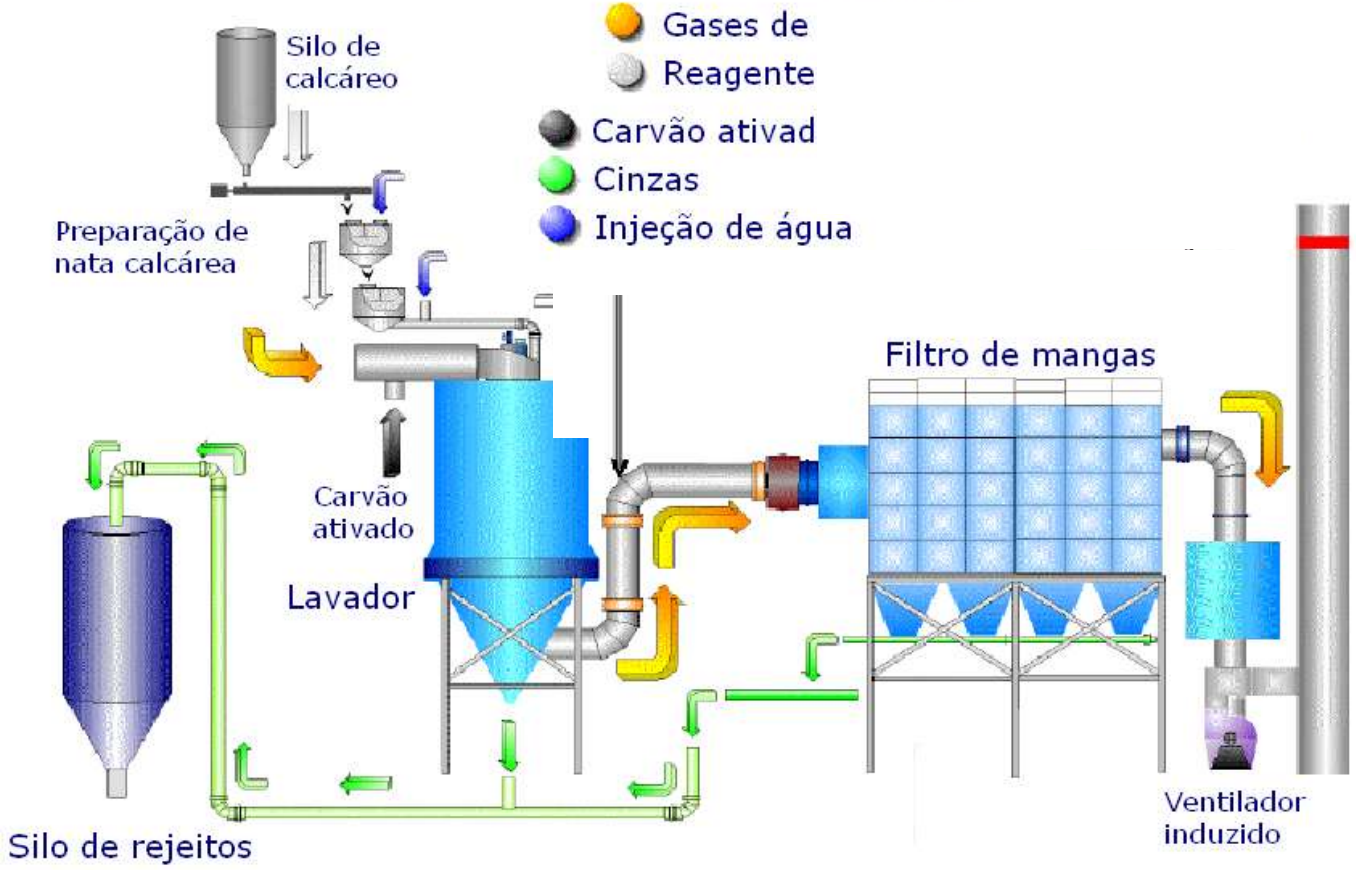
# Abatimento de emissões $SO_x$, HCl e HF

1. Entrada dos gases de combustão
2. Injeção de solução de cal em névoa (micro-gotas)
3. Reação dos gases ácidos com a solução básica, produzindo sais
4. Retenção dos sais no filtro de mangas



# Abatimento de emissões
# Dioxinas e furanos

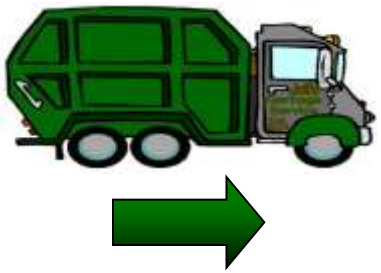
1. Injeção de carvão ativado
2. Reação das D&F com o carvão
3. Retenção do carvão no filtro de mangas

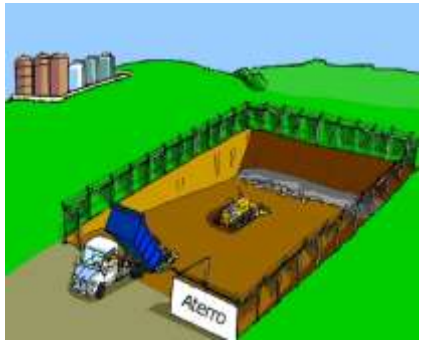


# Abatimento de emissões
# Material particulado

1. Retenção por barreira física
2. Separação do material particulado
3. Emissões de gases “limpos”

# Logística e composição dos custos de destinação dos RSU






Coleta ~~Transbordo~~ ~~Transporte~~ ~~Aterro~~

Coleta UTTR

# Viabilidade econômica de UTTRs

- JUROS E AMORTIZAÇÃO
- O&M
- DESTINAÇÃO DAS CINZAS
- TRIBUTOS
- SEGURO

- ELETRICIDADE / VAPOR
- SUCATA FERROSA
- CRÉDITOS DE CARBONO
- REMUNERAÇÃO PELA QUEIMA

# Estudo de viabilidade preliminar de UTTR – geração de vapor

| | |
|---|---|
| **Capacidade de queima** | **1.200 t de RSU / dia** |
| **Poder Calorífico Inferior (PCI)** | 1.900 kcal/kg |
| **Fornecimento** | vapor para processos industriais<br>400 ºC a 40 bar |
| **Vapor comercializável** | 115 t de vapor por hora |
| **Rendimento global** | 83% |
| **Preço fixado para o serviço de queima dos RSU** | R$ 70,00 / t de RSU |
| **Preço de venda do vapor (resultado)** | **R$ 62,00 / t de vapor**<br>**(equivale a um desconto de 27% em relação ao preço de gás natural)** |

# Estudo de viabilidade preliminar de UTTR – geração de energia elétrica

| | |
|---|---|
| **Capacidade de queima** | **1.200 t de RSU / dia** |
| **Poder Calorífico Inferior (PCI)** | 1.900 kcal/kg |
| **Fornecimento** | energia elétrica |
| **Energia comercializável** | 18,9 $MW_{med}$ |
| **Rendimento global** | 22% |
| **Preço fixado para o serviço de queima dos RSU** | R$ 70,00 / t de RSU |
| **Preço de venda da energia (resultado)** | **acima do valor de mercado !** |

**Como viabilizar?**

# Ações para viabilizar UTTR com geração de energia elétrica

- Redução do valor do investimento (nacionalização)
- Linhas de financiamento especiais
- Desoneração tributária e isenção de impostos
- Redução dos custos de O&M
- Obtenção de créditos de carbono
- Incremento no nível do preço do serviço de queima
- Preço de energia elétrica incentivada

# Desafios e obstáculos a serem superados (1)

**Desafios ambientais:**

Superar as barreiras do pioneirismo no Brasil:

- rejeição, contestação, receios

**Desafios técnicos:**

Aprimorar a caracterização e quantificação dos resíduos:

- geração diária, composição, gravimetria, PCI

Envolvidos:

- Prefeituras, grupo de prefeituras, estados, grandes geradores, empreendedores, grandes consumidores de energia elétrica e vapor

**Desafios setoriais (SEB):**

Regulatórios, matriz energética, preços, leilões específicos, encargos e incentivos

Envolvidos:

MME, ANEEL, EPE

# Desafios e obstáculos a serem superados (2)

**Desafios tributários:**

Desonerações fiscais diversas, renúncias e isenções
Ex.: REIDI, IPI, taxas de importações, ICMS, ISS, PIS/COFINS

Envolvidos:
Fazendas (Federal, Estadual e Municipal)

**Desafios políticos:**

- Concessão e disponibilidade dos RSU
- Regulamentações e diretrizes políticas dos RSU
- Cooperação e convênios entre municípios
- Regionalização da gestão dos RSU

Envolvidos:

- Governos (Federal, Estadual e Municipal)
- Congresso, assembléias e câmaras

# Desafios e obstáculos a serem superados (3)

**Desafios *project finance***

Obtenção de financiamento

Contratos de longo prazo (PPA)

Mitigação de riscos políticos

Garantias

Modelagem de negócio

Envolvidos:

- Empreendedores
- Investidores
- Agentes financeiros
- Prefeituras
- Grandes consumidores de energia elétrica e de vapor

# EXEMPLOS NO MUNDO

# Viena, Áustria

# Cergy-Pontoise, França

# Mônaco

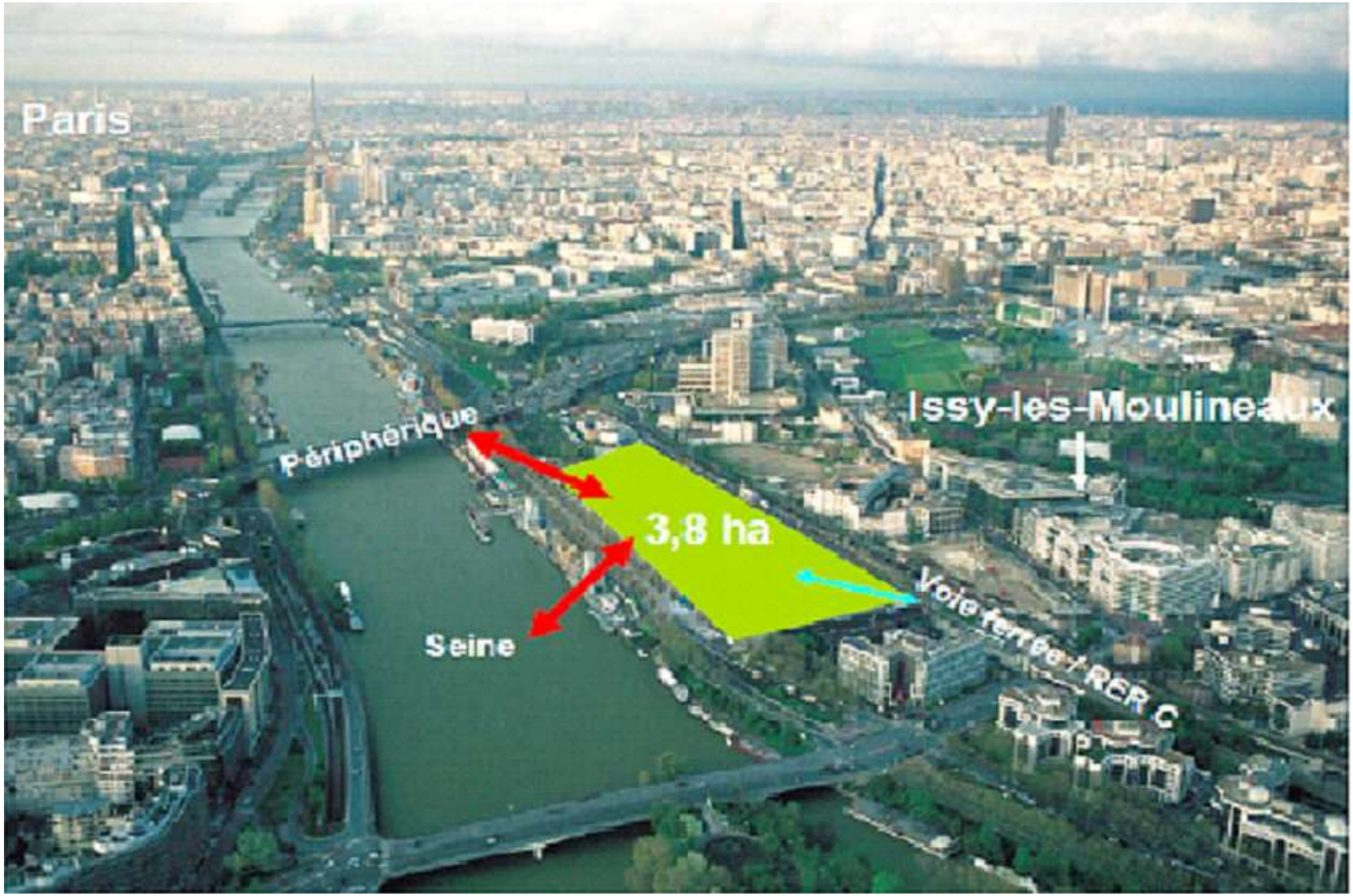
# Marchwood, Grã-Bretanha

# Bréscia, Itália

# Miami-Dade, EUA

# Tóquio, Japão

# Paris, França



# Paris, França
## pré-montagem fora de Paris

# Paris, França

atravessando ponte especialmente construída

# Paris, França

# Obrigado!

Sergio Frate
***sergio.frate@emae.com.br***

www.emae.com.br