

CICLO DE ESTUDOS DO OBSERVATÓRIO DA
RECICLAGEM INCLUSIVA E SOLIDÁRIA

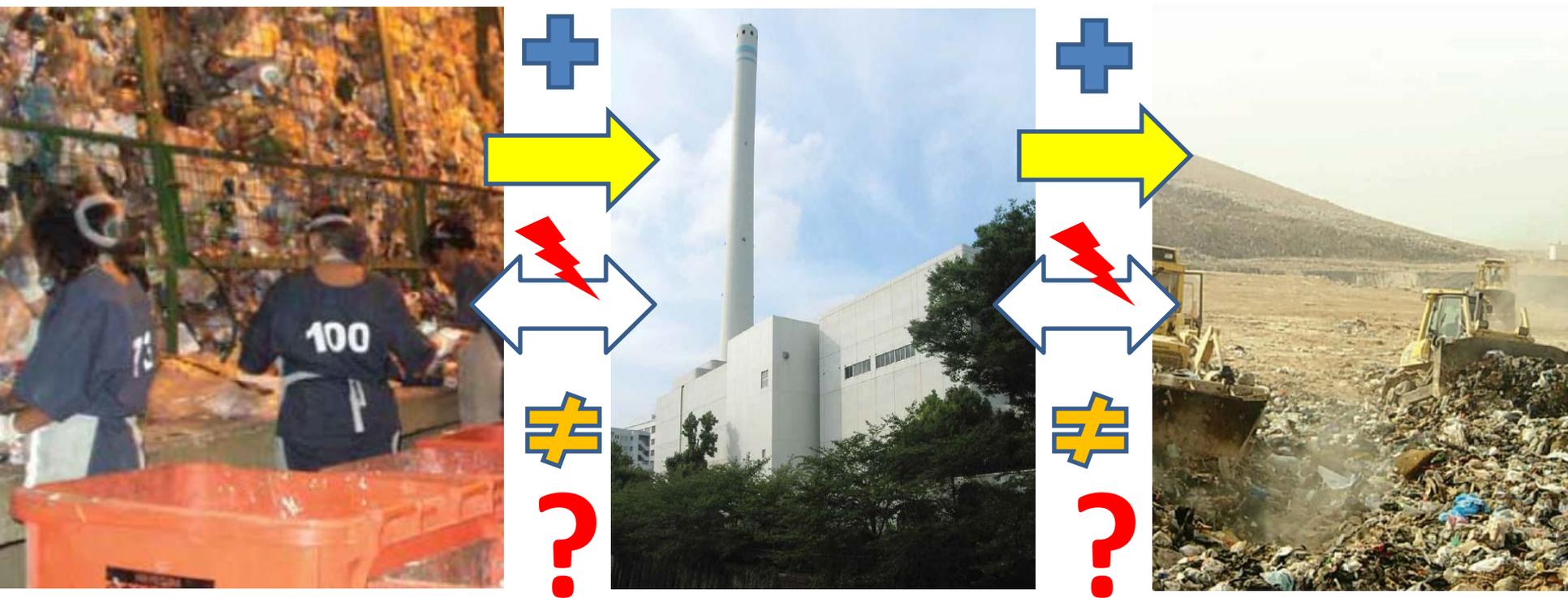
**SEMINÁRIO: Rotas tecnológicas para a gestão e
tratamento de resíduos sólidos
e a reciclagem diante da PNRS**

**Palestra 2: ROTA TECNOLÓGICA RECICLAGEM E
INCINERAÇÃO: DISCUSSÃO COMPARADA**

25 e 26 de Setembro de 2013

Belo Horizonte, MG

Rotas Tecnológicas: Quais às inter-relações?



► Contextualização

Impactos

Discussão de
Rotas tecnológicas

Conclusões

Sistema de Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos



"Hardware"

"Software"

Impactos ambientais de resíduos “do berço ao túmulo”

Contextualização

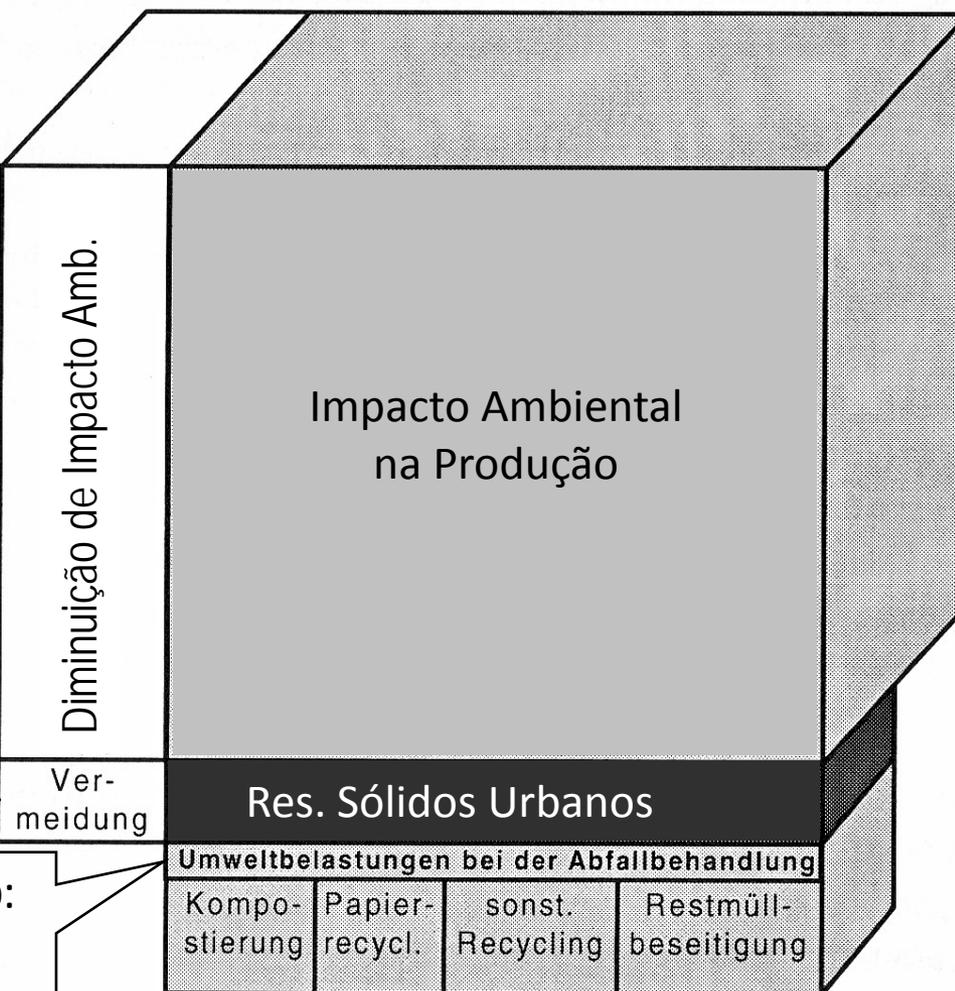
► Impactos

Discussão de Rotas tecnológicas

Conclusões

“Fator 10”
e os 3R

Evitar



Impactos Amb. no Tratamento:
Compostagem, Reciclagem,
Disposição final

Sistema de Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos



Externalidades da GRSU

Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos (GRSU)

Gestão de Resíduos e de Recursos Naturais

Principais rotas tecnológicas

Contextualização

“Reciclagem”

Reuso

Impactos

Reciclagem em ciclo fechado (recycling)

Reciclagem em ciclo aberto: Reaproveitamento (downcycling)

► Discussão de Rotas tecnológicas

Compostagem

Digestão Anaeróbica com aproveitamento energético

Conclusões

“Incineração”

Combustão de RSU sem aproveitamento energético

Combustão de RSU com aproveitamento energético (W2E)

Combustão de combustíveis alternativos (RDF)

Co-Processamento (p.ex. indústria de cimento)

Novas tecnologias térmicas (Pirólise, Gasificação, Plasma)

“Aterro Sanitário”

Com e sem aproveitamento energético, aterro seco

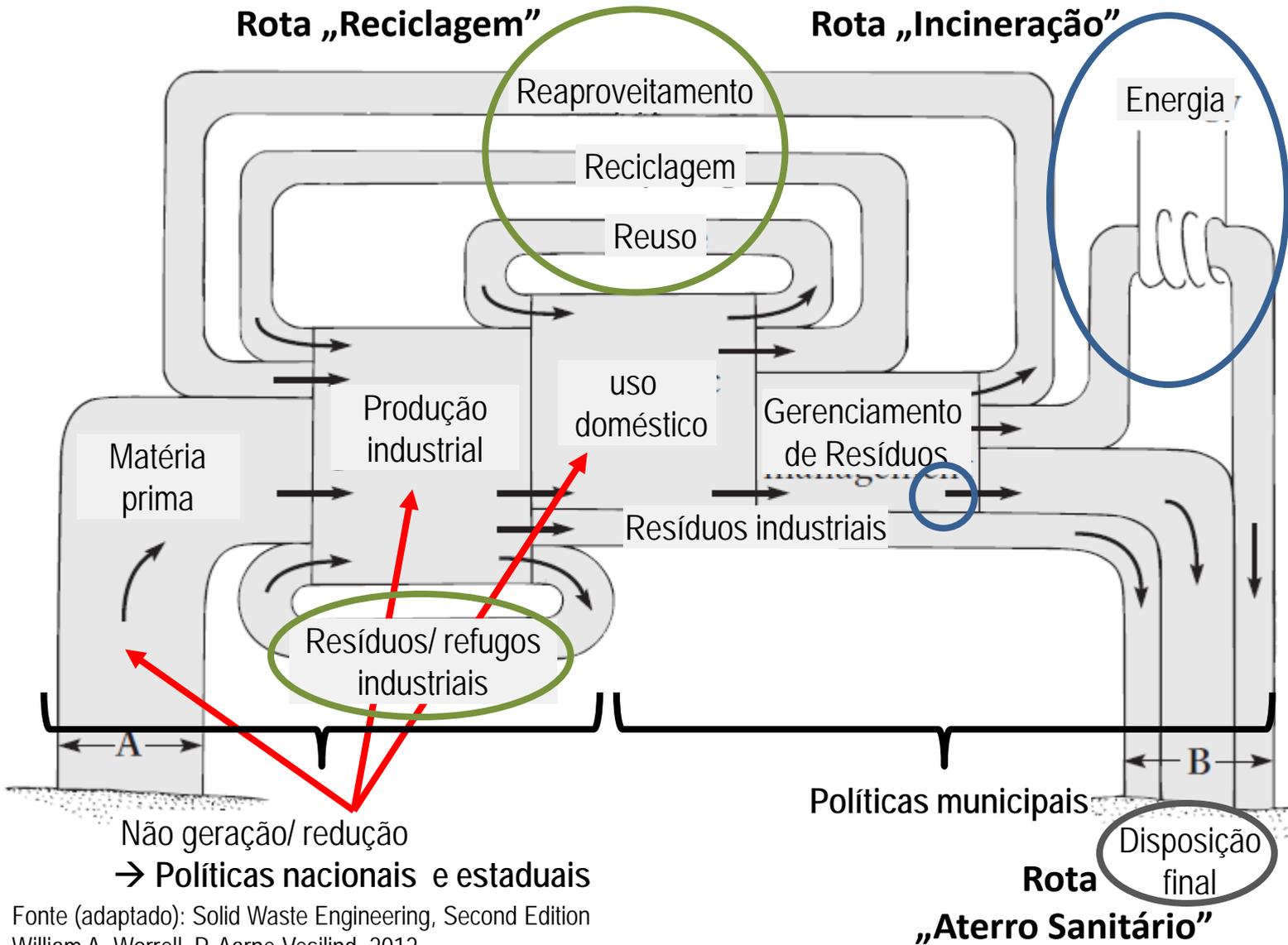
Fluxos de materiais e resíduos na sociedade

Contextualização

► Impactos

Discussão de Rotas tecnológicas

Conclusões

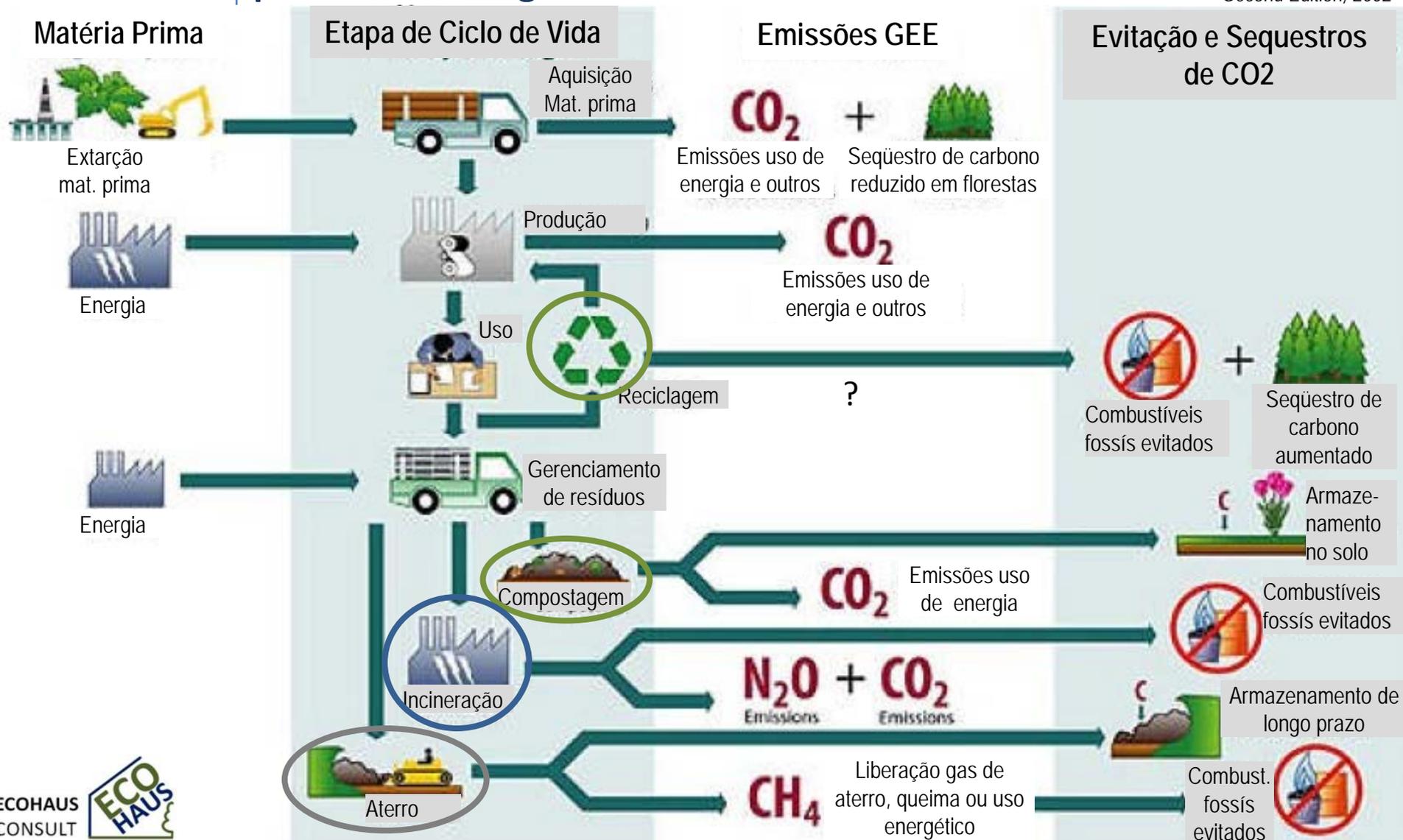


Fonte (adaptado): Solid Waste Engineering, Second Edition William A. Worrell, P. Arne Vesilind, 2012



Emissões qualitativas de GEE por rota tecnológica

Fonte (adaptado):
Solid Waste Management and Green House Gases:
A Life-Cycle Assessment of Emissions and Sinks,
Second Edition, 2002



Emissões quantitativas de GEE (CO₂e) por rota tecnológica

Tipo de resíduos	Não geração de resíduos (evitar)	(Preparação para) reuso	Reciclagem de ciclo aberto (sem impactos evitados)	Reciclagem de ciclo fechado	Aproveitamento energético (combustão)	Aproveitamento energético (digestão anaeróbica)	Compostagem	Aterro Sanitário
Tecidos	-22,310	-14,369		-850	600			300
Alumínio	-9,844			-9,245	31			21
Aço	-2,708			-1.702	31			21
Madeira	-666	-599	-381	-523	-817		285	792
Plástico rígido	-3,281			-2,148	1,057			34
Plástico filme	-2,591			-1.450	1.057			34
Papelão	-1,038		-240	-240	-529			580
Papel	-955		-157	-157	-529			580
Restos de cozinha	-3,590				-89	-162	-39	450
Vidro	-895	No data	16	-366	26			26
Jardinagem					-63	-119	-42	213

kgCO₂e emitted per tonne waste treated.

Fonte:

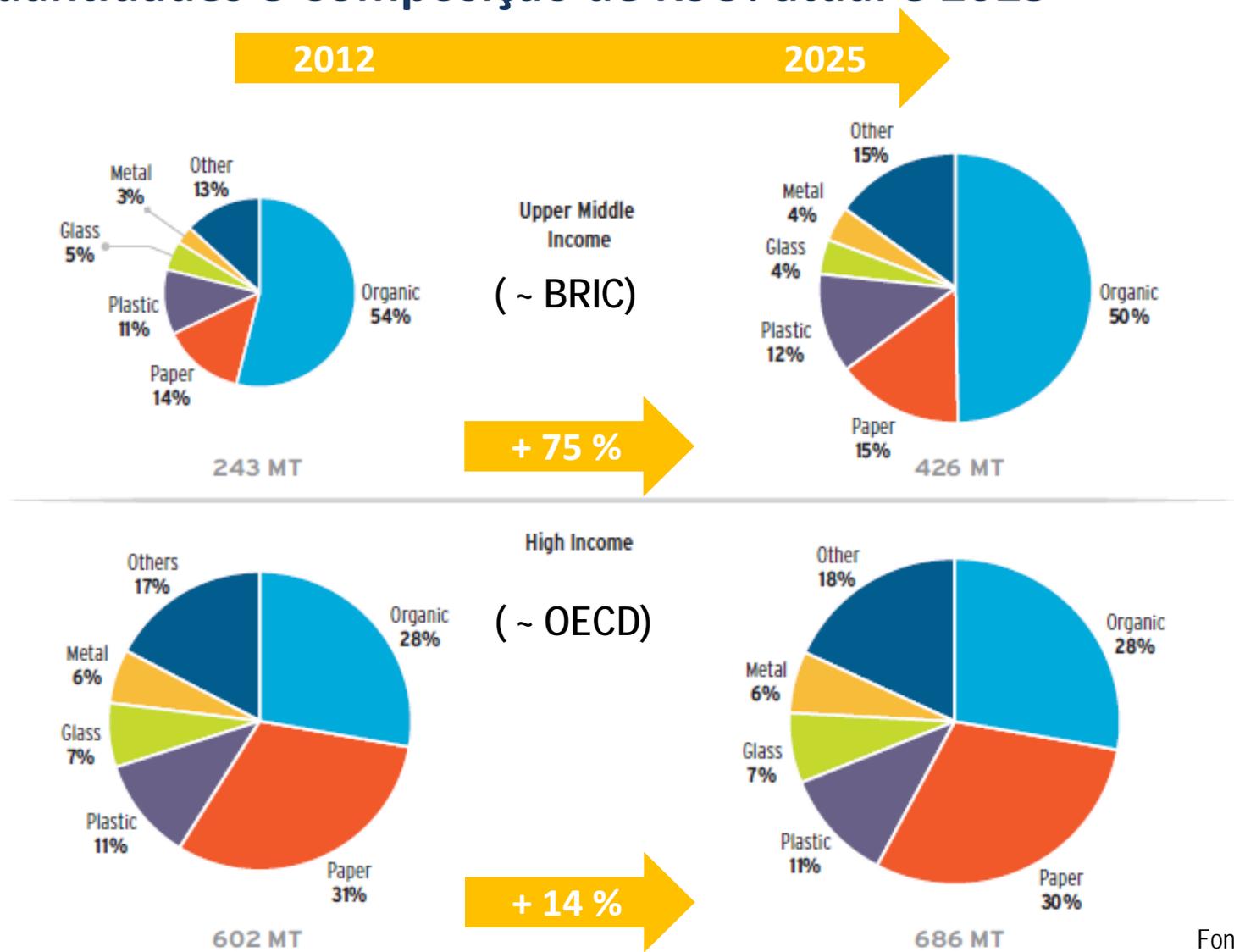
Contextualização

Impactos

► Discussão de Rotas tecnológicas

Conclusões

Quantidades e Composição de RSU: atual e 2025



Rotas tecnológicas: “Incineração”: Aspectos de gestão e operação

Contextualização

Impactos

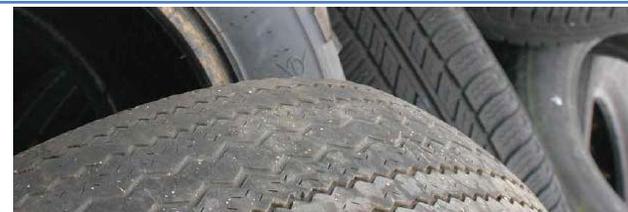
► Discussão de Rotas tecnológicas

Conclusões

- **Preços unitários elevados** precisam de **escala de produção** (= muitos resíduos) e de investimentos/ contratos de longo prazo → inflexibilidades
- No contexto do Brasil (e das diversidades regionais), risco de baratear a tecnologia através de **standards ambientais e tecnológicos menos rigorosas** (filtros, separadores, monitoramento, etc.), o que implica em **elevados riscos ambientais**
- **Alto índice de resíduos orgânicos** nos RSU (~ 50%) implica em alta umidade e baixo valor calorífico.
- Para baixar a umidade e aumentar valor calorífico: Secagem (térmico, prensa) → implica em **consumo de energia e eleva custos**
- Quando não incentiva o princípio dos „3R“, em contradição com:
 - princípios de gestão de recursos naturais,
 - eficiência energética,
 - proteção climática,
 - inclusão social para triagem de MSR,
 - princípios e objetivos da PNRS
- **Novas tecnologias** (pirólise, gaseificação, plasma) **sem maturidade/robustez tecnológica** (Exemplo “Blauer Turm/ Torre Azul”, Alemanha)

Rotas tecnológicas: “Incineração”

Co-Geração/ Co-Incineração na indústria de cimento



Contextualização

Impactos

► Discussão de
Rotas tecnológicas

Conclusões

- Processo de produção de clínquer precisa de altas temperaturas ($\sim 1.200\text{ }^{\circ}\text{C}$) \rightarrow energeticamente intensivo
- Alemanha (2006): $> 50\%$ de combustíveis substituídos por combustíveis alternativos derivados de resíduos (RDF)
- Principal origem destes RDF: Resíduos industriais e comerciais
- Desde a proibição de aterro de resíduos não bioestabilizados (Diretiva de Aterros, 2005): Aumento de RDF através de RSU
- Publicação regular de tipos e quantidades de resíduos enviados para indústria de cimento (www.vdz-online.de)

Rotas tecnológica “Reciclagem”:



Benefícios Ambientais das principais frações de MSR em comparação à produção através de matéria prima

Fração	Alumínio	Aço	Papel	Vidro
Redução de				
Uso de energia	95%	60%	50%	20%
Poluição do ar	95%	85%	74%	20%
Poluição d' água	97%	76%	35%	-
Uso de água	-	40%	58%	50%

Benefícios sociais: Potencial de criação de emprego através triagem manual

Geração de MSR no Brasil em 2012: ~ 50.000 t/d (ABRELPE)
 Se taxa de recuperação de MSR seria 50%: ~ 25.000 t/d para triagem
 Triador em coop. (estudos consultores MMA): ~ 100 kg MSR/d
 Potencial de empregos apenas na triagem (Brasil): **250.000**



Contextualização

Impactos

► Discussão de Rotas tecnológicas

Conclusões

Principais rotas tecnológicas “Reciclagem” e “Incineração”

Aptidão técnica de tipos de resíduos para rotas tecnológicas

Contextualização

Impactos

► Discussão de Rotas tecnológicas

Conclusões

	Tipo de Resíduos	RSU	MSR	RSO	RDF (rejeitos)
“Reciclagem”					
	Reuso	0	++		-
	Reciclagem em ciclo aberto: Reaproveitamento, downcycling	+	++		+
	Reciclagem em ciclo fechado (recycling)	-	++		-
	Compostagem	0 (1)	-	++	-
	Digestão Anaeróbica com aproveitamento energético	+(1)	-	++	-
“Incineração”					
	Combustão de RSU sem aproveitamento energético	+	++	0	+
	Combustão de RSU com aproveitamento energético	0	++	-	-
	Combustão de combustíveis alternativos (RDF)	+	++	-	++
	Co-Processamento (p.ex. indústria de cimento)	+	++	-	++
	Pirólise, Gasificação, Plasma (2)	(+/-)	+	++	(+/-)

(-) mto. baixa apt.	(-) baixa aptidão	(0) aptidão neutra	(+) alta aptidão	(++) mto. alta apt.	Não aplica
(1) Com separação mecânica (p. ex. por prensa)			(2) Tecnologias novas, complexas, inform. contraditórias		
RSU: Res. Sólidos Urbanos, MSR: Mat. Seco Reciclável			RDF: Refuse Derived Fuel (a base de rejeitos de MSR e RSO)		
RSO: Resíduos Sólidos Orgânicos					

Rotas tecnológicas: Comparação qualitativa, Potenciais e Problemas

<i>Pro</i>	<i>Rota Tecnológica</i>	<i>Contra</i>
<p>Alto potencial de proteção climática</p> <p>Alto potencial de postos de emprego formal</p> <p>Alta aceitação</p>	<p>a.) Aproveitamento físico/ material</p> <p>Recuperação de materiais de relevância climática = MSR (papel, plástico, vidro, metais)</p>	<p>Falta de correntes prévias (CS, políticas, Responsabilidade estendida do Produtor)</p> <p>Eliminação de empregos informais</p>
<p>Fácil aplicação tecnológica (DA?)</p> <p>Economicamente viável (DA?)</p> <p>Alta aceitação</p>	<p>b.) Tratamento de resíduos orgânicos</p> <p>Compostagem, Digestão Anareóbica (DA), combinação com recuperação de MSR e rejeitos secos → Tratamento Mecânico Biológico (TMB)</p>	<p>Regulamentos e garantias incipientes de qualidade</p>
<p>Alta redução de volume</p> <p>Potencial de geração de energia através rejeitos (Co-geração)</p>	<p>c.) Tratamento térmico</p> <p>Incinerção de RSU em grande escala, Incinerção de resíduos especiais ou de RDF, Co-Geração, novas tecnologias de tratamento térmico</p>	<p>Baixa aceitação</p> <p>Problemas de valor calorífico → incentiva combustão de MSR</p> <p>Altos custos → investimentos de longo prazo</p> <p>Economias de escala → incentiva geração de RS</p>
<p>Alto potencial de aplicação</p> <p>Tecnologia simples e robusta</p>	<p>d.) Aterro Sanitário:</p> <p>AS para RSU misturado sem aproveitamento de gases de aterro, AS energético ou AS seco</p>	<p>Baixa aceitação</p> <p>AS energético em concorrência com DA</p> <p>Ausência de incentivos para tratamento prévio</p> <p>Economias de escala → soluções consorciadas/ regionais</p>

Rotas tecnológicas:

Potenciais de mercado em função de dinâmicas de mercado e regulamentos

Contextualização

Impactos

► Discussão de Rotas tecnológicas

Conclusões

Dinâmicas que influenciam Mercado \ Rota tecnológica	Recuperação MSR, recicl. Física/material	Tratamento biológico (inclusive TMB)	Co-Geração (indústria)	Incineração de RSU em massa	Tecnologias de aterro
Aumento de custos de aterro	+	+	+	+	-
Aumento de quantidades de resíduos	+	+	+	+	+
Regulamentos mais rigorosos p. trat. prévio	+	+	+	+	-
Metas de redução em relação à disposição final	+	+	+	+	-
Aumento de preços de matéria prima	+	+	-	-	-
Aumento de preços de energia	(-)	+	+	+	+
Incentivos para produção de energia	-	+	+	-	+
Proibição de aterro	+	+	+	+	-
Proibição de incineração	+	+	-	-	+

Contextualização

Impactos

Discussão de
Rotas tecnológicas

► Conclusões

Algumas conclusões



Complementariedades e sequências:

- Reciclagem física de MSR e RSO
- Criação de empregos formais, atendendo a normas de saúde e segurança de trabalho
- Incineração de rejeitos
- Co-Geração através de rejeitos e resíduos especiais (RDF sem MSR)
- Aterro para rejeitos (aterro sanitário) e cinzas (aterro para resíduos industriais)

Conflitos e exclusões:

- Reciclagem de MSR conflita com „incineração + W2E“
- Aproveitamento térmico (W2E) conflita com proteção climática, eficiência energética e gestão de recursos naturais
- Aproveitamento térmico (W2E) excludente com criação de empregos formais para triagem
- Aproveitamento de RSO (Compostagem, DA) conflita com Aterro Energético
- Aterro Energético excludente com Aterro Seco

Contextualização

Impactos

Discussão de
Rotas tecnológicas

► Conclusões



Muito Obrigado!

Contato

Ecohaus Consult

Thilo Schmidt

thilo.schmidt@gmx.org



Contextualização

Impactos

► Discussão de
Rotas tecnológicas

Conclusões

Contextualização

Impactos

► Discussão de Rotas tecnológicas

Conclusões

Arcabouço de legislação de resíduos sólidos na União Européia

