

Curso virtual
Multiplicando conhecimento

Ferramenta Rotas e Custos

Balanço de massa da rota tecnológica

Geraldo Antônio Reichert

Eng. Civil, Doutor em Saneamento Ambiental

11 e 18 de abril de 2022



ProteGEEr

COOPERAÇÃO PARA A PROTEÇÃO DO CLIMA
NA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Tecnologias de tratamento de RSU

- Mais usadas
 - Aterro sanitário
 - Compostagem
 - (Triagem)
 - Reciclagem
 - Novas tecnologias
 - Digestão anaeróbia (processo biológico)
 - Autoclave (para RSU)
 - Incineração
 - CDR – Combustível Derivado de Resíduo
 - Gaseificação
 - Pirólise
 - Plasma
 - Em pesquisa
 - Produção de etanol de RSU (hidrólise)
 - Despolimerização
- (processos térmicos)



Qual a melhor tecnologia?

Qual a pior?

Existe tecnologia ruim?

Existe alguma tecnologia que resolva sozinho?

Há que considerar:

- consistência técnica e operacional
- aspectos ambientais
- custos
- questões sociais

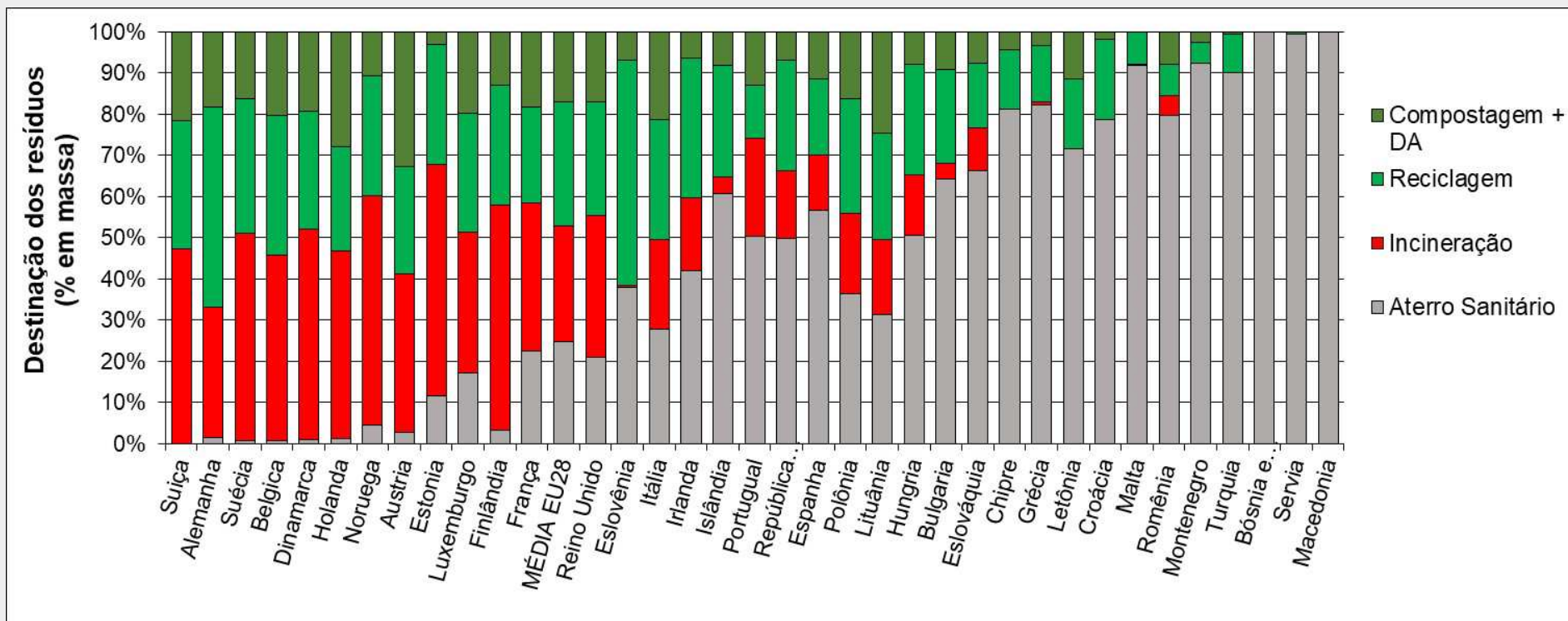
Mais que em tecnologias, temos que focar no
CONCEITO de gerenciamento integrado



Perigo:
soluções ou instalações tipo “**elefante branco**”!



Destinação dos resíduos nos países da Europa em 2016 (em % de massa)



Fonte: Eurostat (2017)



ProteGEEr

Uma rota tecnológica inicia na coleta...

Na verdade... Inicia na segregação na origem...



Diferentes forma de triagem (TM)

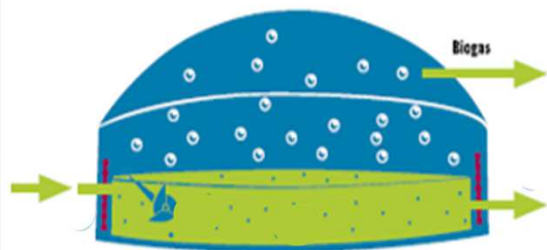
- Manual
- Semimecanizada
- Mecanizada



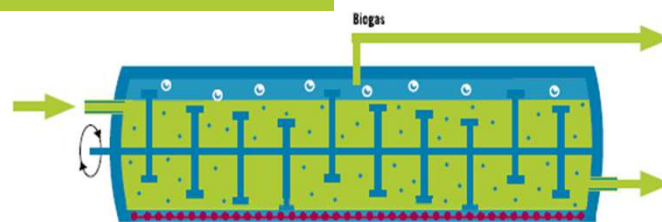
ProteGEEr

Digestão anaeróbia – DA (biodigestão ou metanização)

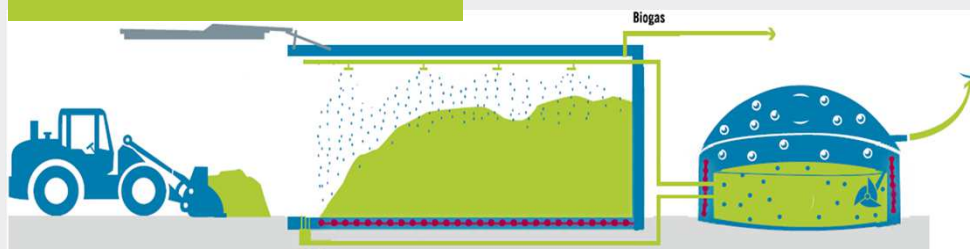
Sistema Úmido



Sistema Seco



Sistema Extraseco



Reichert, G.A. - 11.04.2022

Tipos de compostagem

Caseira



Leira estática de aeração natural



Leira revolvida



Leira estática aerada



Reator de fluxo contínuo

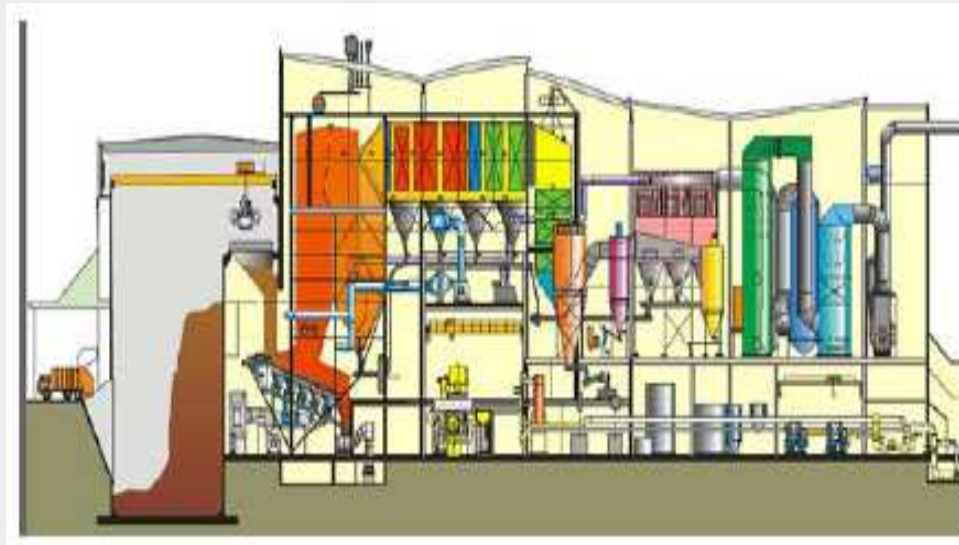


Túneis



Principais processos térmicos

- Incineração
- CDR



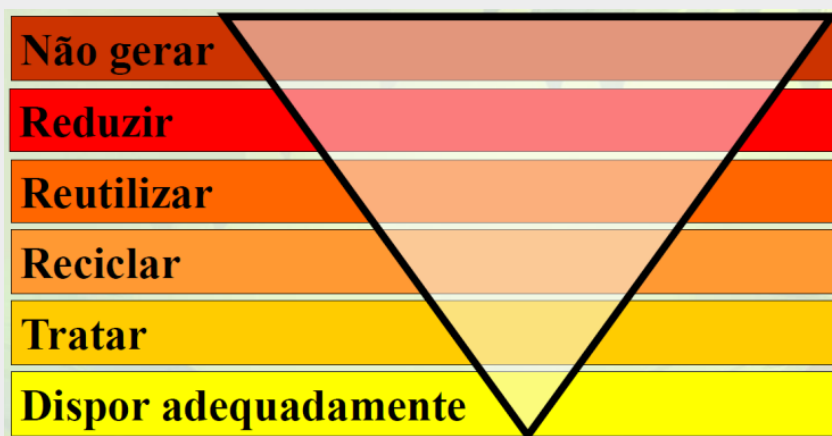
ProteGEEr

Gerenciamento integrado de RSU

É uma forma diferenciada de manejo de resíduos, que combina diferentes métodos de coleta e tratamento para lidar com todos os materiais no fluxo de geração e descarte de resíduos, de maneira ambientalmente efetiva, economicamente viável e socialmente aceitável.

White *et al.* (1995)

Gerenciamento integrado



O que era um CONCEITO, virou uma OBRIGAÇÃO pela PNRS:

Art. 9º Na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: **não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.**

O conceito de REJEITO é temporal e espacial (ou regional).

PNRS

Mudança conceitual (mudança de paradigma)

Resíduo sólido



Material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, ...



Rejeito

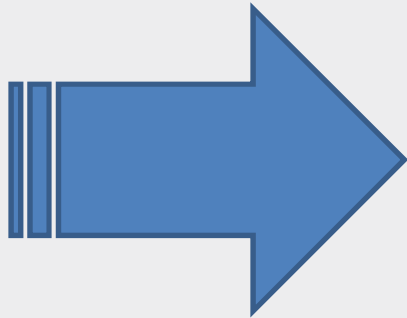


Resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada.



ProteGEEr

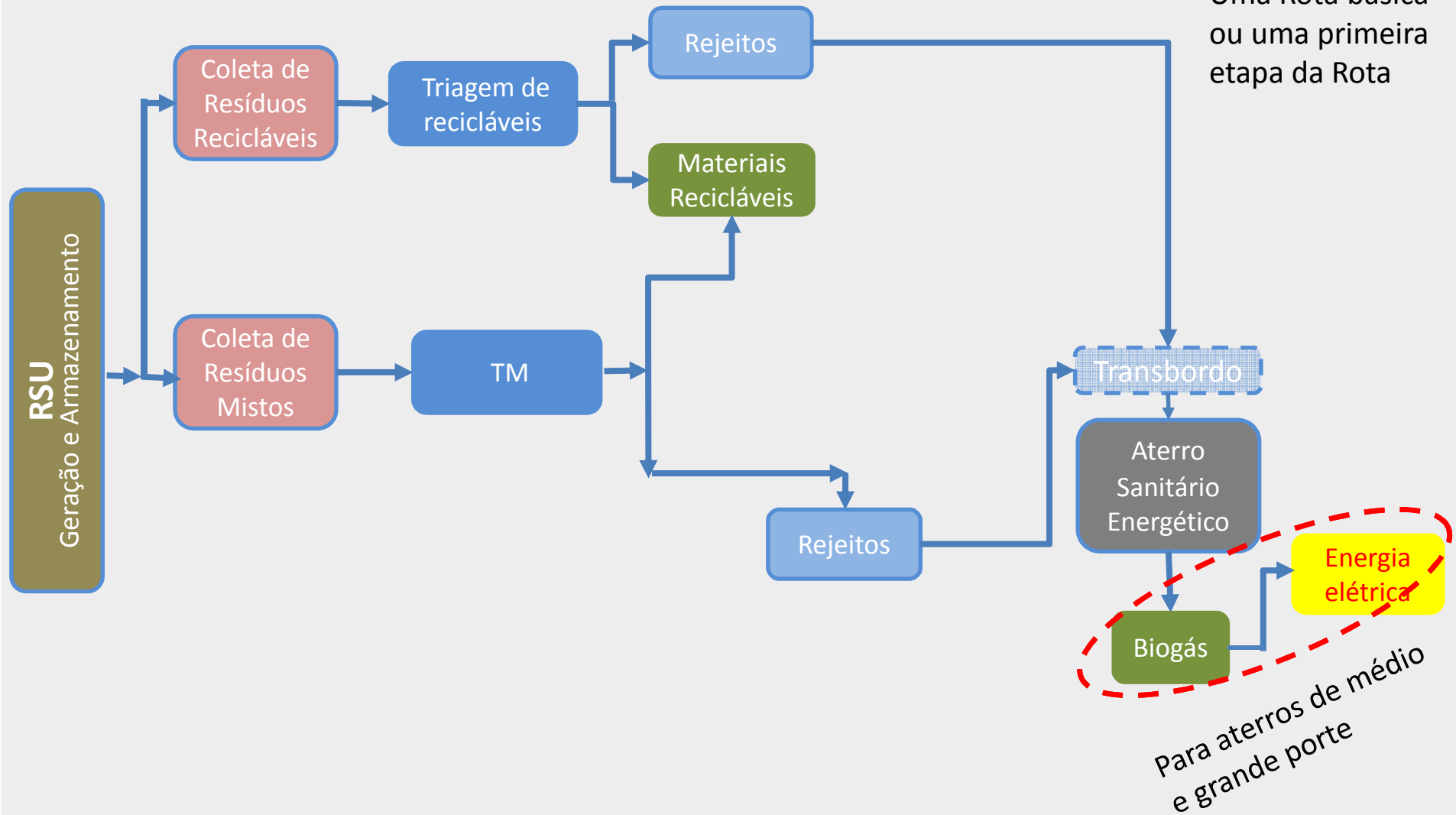
O que é uma *rota tecnológica*?



É o conjunto de processos, tecnologias e fluxos dos resíduos desde a sua geração até a sua disposição final, envolvendo circuitos de coleta de resíduos de forma indiferenciada e diferenciada e contemplando tecnologias de tratamento dos resíduos com ou sem valoração energética.

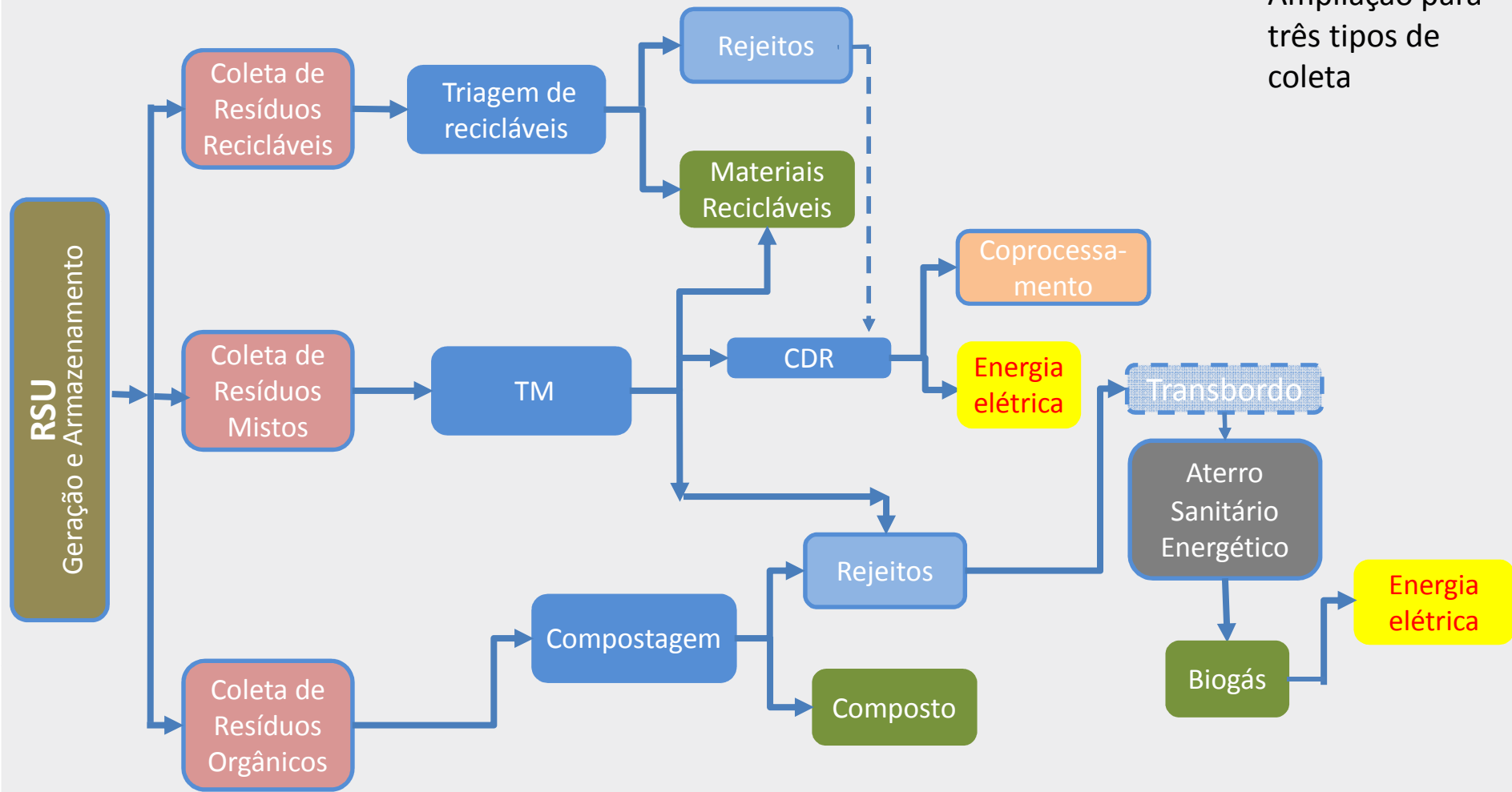
Inicia-se na geração dos resíduos e encerra-se na com a disposição final (em aterro sanitário).

Uma Rota básica
ou uma primeira
etapa da Rota



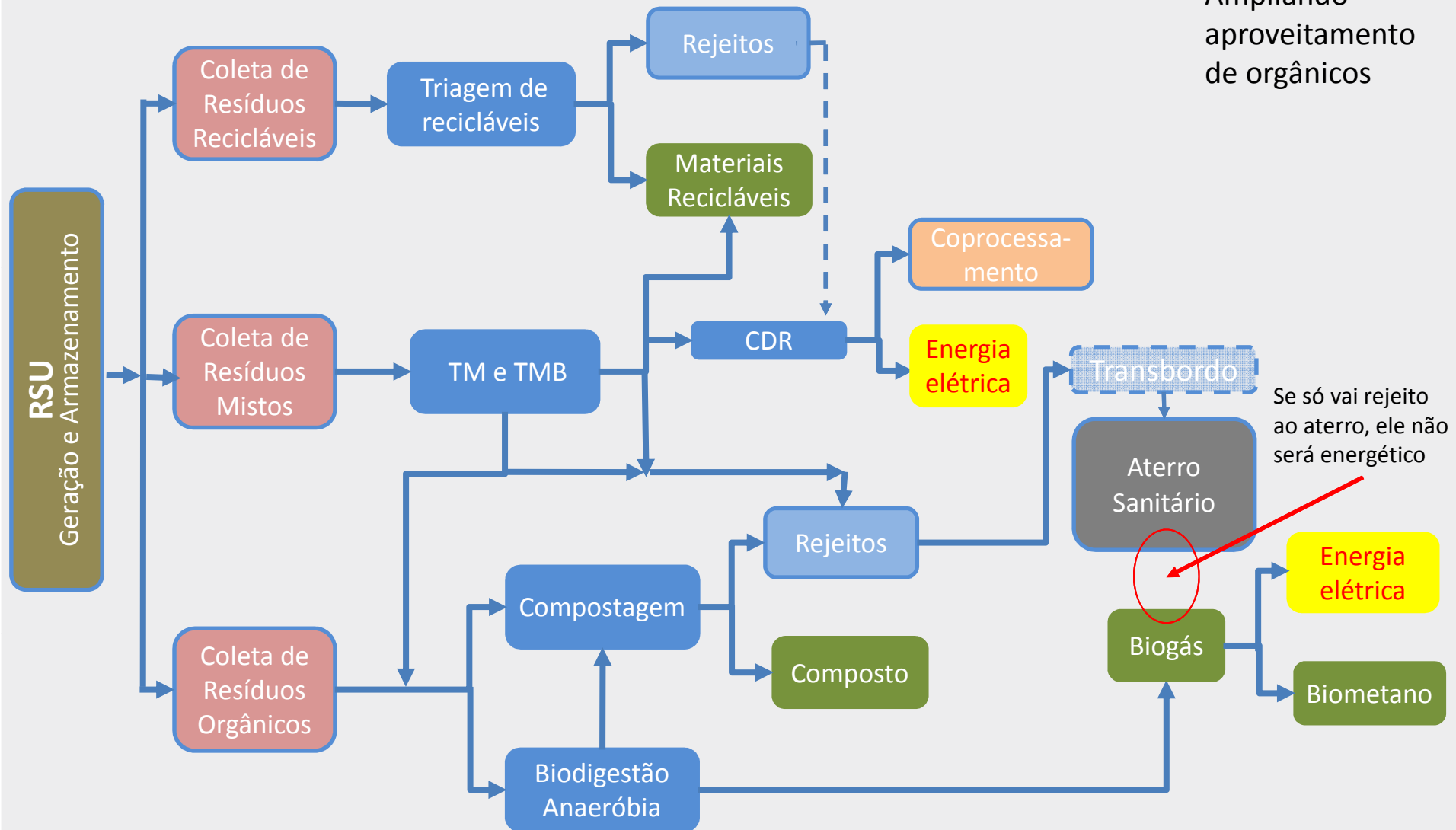
ProteGEEr

Ampliação para
três tipos de
coleta



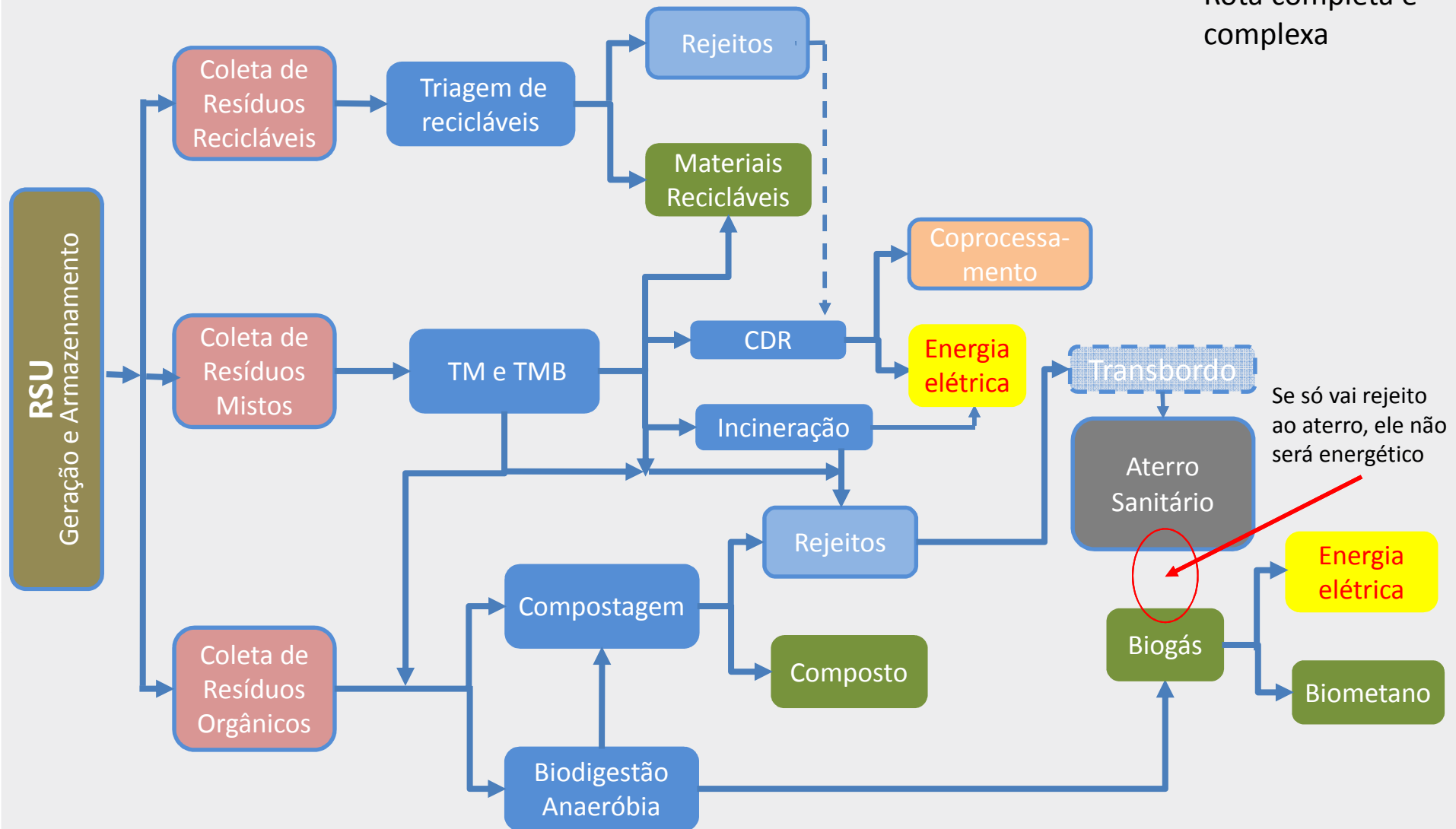
ProteGEEr

Ampliando
aproveitamento
de orgânicos



ProteGEEr

Rota completa e complexa



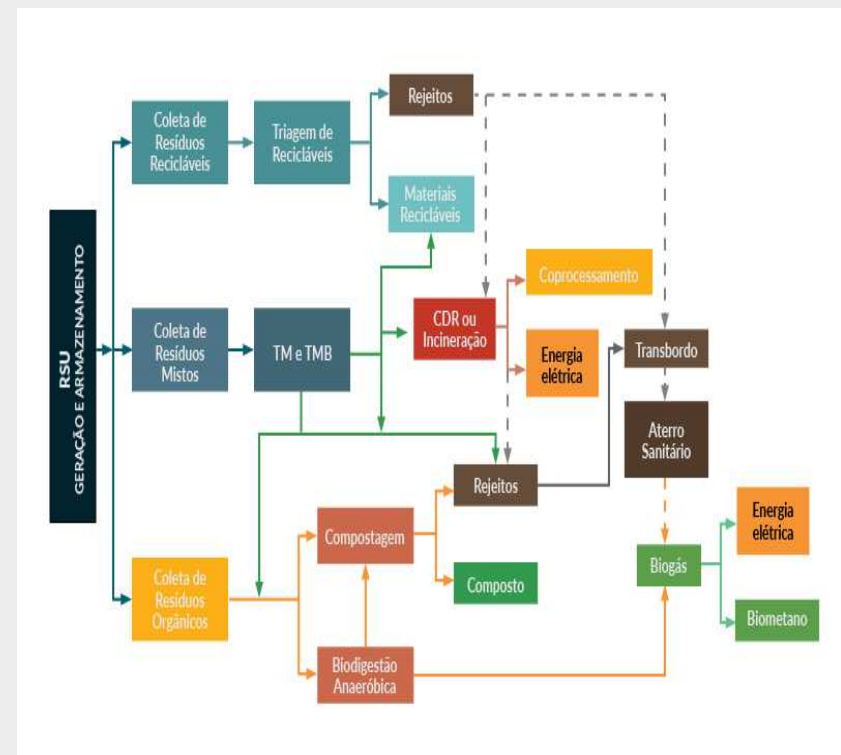
ProteGEEr

A Ferramenta Rotas e Custos

A Ferramenta Rotas e Custos faz parte de um “pacote” de ferramentas de apoio à tomada de decisão desenvolvidas pelo projeto de Cooperação para proteção do clima na gestão de resíduos sólidos urbanos – ProteGEEr.

Apoio à tomada de decisão é diferente de tomada de decisão (não resulta em alternativa ótima mas traz luz e conhecimento sobre o processo decisório e permite comparações entre alternativas).

Baseada no conceito de **rota tecnológica**.



Tecnologias & Rotas tecnológicas

Parte-se do princípio de que nenhuma tecnologia sozinha é solução para o manejo adequado de RSU.

Rota tecnológica é o conjunto de processos, tecnologias e fluxos dos resíduos desde a sua geração até a sua disposição final. Inicia-se na geração dos resíduos e encerra-se na com a disposição final (em aterro sanitário).

A definição e a análise de uma rota tecnológica passa pelo detalhamento do balanço de massa e de energia.

Além disso, a quantificações dos custos associados ou da emissões de gases efeito estufa devem ser feitos considerando-se a rota (o encadeamento de diferentes tecnologias e não da comparação par a par de tecnologia).



Premissas e diretrizes para as rotas

- iniciar pelo **conhecimento da rota tecnológica atualmente utilizada** pelo município;
- realizar o **balanço de massa e de energia** das rotas avaliadas;
- avaliar a possibilidade de **implantação dos avanços tecnológicos e novas formas de tratamento** de maneira escalonada;
- atentar para a compatibilização da rota tecnológica com as metas do **plano municipal (intermunicipal ou regional) de gestão integrada** de resíduo sólidos;
- avaliar e quantificar todos os subprodutos que possam resultar em **receitas acessórias** ao sistema;
- atender à **hierarquia do gerenciamento integrado** de resíduos estabelecida no Art. 9º da Lei 12.305/2010;
- considerar **tecnologias consolidadas** nacional ou internacionalmente, e que sejam licenciáveis de acordo com a legislação brasileira.

Tecnologias que podem ser simuladas

- coletas:
 - seletiva de recicláveis secos
 - seletiva de orgânicos
 - mistos
- triagem:
 - manual de seletivos
 - mecanizada de seletivos
 - mecanizada de mistos
- produção de CDR
 - CDR de secos
 - biossecagem e *CDR de orgânicos*
- tratamento biológico:
 - compostagem
 - composto para uso no solo ou cobertura de AS
 - biodigestão anaeróbia
 - biogás pra EE ou biometano
- tratamento térmico:
 - incineração com recuperação de EE
- existência ou não de estação de transferência
- disposição final
 - aterro sanitário
 - com ou sem aproveitamento de biogás para energia elétrica ou biometano

Escopo da Ferramenta

Simulação de cenários, alternativas ou sistemas futuros de gerenciamento ou manejo de RSU; realizando o balanço de massa e calculando os custos associados.

Cenários, alternativas ou sistemas de gerenciamento de RSU são aqui denominados de “rotas tecnológicas”.

Potencialidades

- construção e avaliação de soluções integradas para o manejo de RSU;
- realização de estudo de pré-viabilidade;
- utilização de diferentes combinações de tecnologias;
- estimativa da massa que entra e que sai em cada tecnologia de tratamento utilizada na rota;
- comparação da rota atual com rotas futuras;
- estimativa da geração dos subprodutos (recicláveis, composto, biogás, energia), de custos e de receitas nas diversas etapas da rota avaliada;
- estimativa de valor total de tratamento (por etapa e da rota) e de tarifa associada à rota;
- a democratização da análise de alternativas de solução para a GIRSU (em função da relativa facilidade na utilização da Ferramenta).

Limitações

- entrada de dados:
 - composição gravimétrica deve representar o total da massa de resíduos manejados;
 - tipos de coletas – seletiva de secos; seletiva de orgânicos, mistos;
 - a eficiência de triagem é única para todos os tipos de materiais triados;
- somente é possível utilizar tecnologias pré-definidas na Ferramenta (tecnologia consolidadas);
- a Ferramenta assume que , para cada tipo de tecnologia, haverá somente uma unidade implantada;
- somente pode ser simulada uma rota por vez;
- a robustez das análises e conclusões está limitada pela qualidade e representatividade das informações e premissas de simulação.

A Ferramenta Rotas e Custos

- Foi desenvolvida no âmbito do ProteGEEr
- Está concebida em Planilha Microsoft Excel
 - primeira parte consiste da definição da rota e balanço de massa
 - segunda parte faz estimativa dos custos associados e cálculo da tarifa correspondente
 - 21 abas (ou planilhas ao total) mas a entrada de dados se dá em somente 6 delas (4 principais + 2 para cálculo de tarifa associada à Rota)
 - principais saídas ou produtos que a Ferramenta entrega:
 - figura fluxo de massa da rota avaliada
 - capacidades operacionais totais das unidades utilizadas
 - quantitativos dos subprodutos por rota
 - consolidação dos dados saída Rotas para a necessidade dos dados de entrada da Ferramenta GEE
 - análise de custos (Capex, Opex e Tarifa)



Exemplo de entrada de dados

Aba 'R-Entrada'

Dados:

- População
- Geração
- Gravimetria
- Tipos de coleta

	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1		Município	São Judas Tadeu						
2		Rota	Rota Futura 1						
3									
4									
5		Dados gerais de geração de RSU							
6									
7		população atendida (hab.)	2.500,000						
8		geração per capita de RSU (kg/hab.d)	1,20						
9		massa total manejada por dia (t/d)							
10		utilizar geração per capita ou massa total?	per capita						
11									
12		massa diária de RSU considerada na rota (t/d)	3.000,0						
13									
14									
15									
16		Composição gravimétrica dos resíduos que entram na rota (deve representar a massa total que ca							
17		<i>(Utilizar dados primários, ou seja, a composição gravimétrica real do município ou consórcio em análise)</i>							
18		<i>(Dados "padrão Brasil", utilizar somente para simulações acadêmicas ou de treinamento, quando da ausência de dados primários)</i>							
19									
20		Utilizar dados gravimétricos fornecidos pelo usuário	Sim						
21		Usar "padrão Brasil"	Não						
22									
23									
24									
25		Componentes	Composição – base úmida (%)			Material	Agrupamentos		
26			Dados do usuário	Utilizad os nos	Padrão Brasil	t/d	(%)	Tipo	
27		resíduos de alimentos	48,4	48,4	48,4	1.452,00	51,4	Orgânicos	
28		resíduos verdes (jardins e parque	3,0	3,0	3,0	90,00	31,9	Recicláveis	
29		papel, papelão	13,1	13,1	13,1	333,00			
30		plástico filme	8,9	8,9	8,9	267,00			
31		plásticos rígidos	4,6	4,6	4,6	138,00			
32		vidros	2,4	2,4	2,4	72,00			
33		metais ferrosos	2,3	2,3	2,3	69,00			
34		metais não ferrosos	0,6	0,6	0,6	18,00			
35		têxteis	2,6	2,6	2,6	78,00	12,0	Outros combustíveis	
36		borracha, couro	0,7	0,7	0,7	21,00			
37		fraldas descartáveis e similares	4,0	4,0	4,0	120,00			
38		madeira	4,7	4,7	4,7	141,00	4,7	Outros não combustíveis	
39		resíduos minerais	0,0	0,0	0,0	0,00			
40		outros	4,7	4,7	4,7	141,00			
41		Total (deve ser 100%)	100,0	100,0	100,0	3.000,00	100,0		
42									
43		Tipos de coleta							
44			%	t/d					
45		coleta seletiva de recicláveis	15,0	450,00					
46		coleta seletiva de orgânicos	5,0	150,00					
47		coleta de mistos/rejeitos	80,0	2.400,00					
48		total de RSU a ser gerido pelo m	100,0	3.000,00					



ProteGEEr

Exemplo de entrada de dados

Aba 'R-Definição'

Dados:

- Tipos de triagem
 - tipos, eficiências, destino dos materiais
- Produção de CDR
 - CDR de TM e de TMB

Triagem e definição do destino dos materiais e rejeitos

Triagem dos seletivos	
massa disponível (t/d)	450,00
triagem manual (%)	10,0
triagem mecanizada (%)	90,0

manual de seletivos	Sim
massa (t/d)	45,00
destino dos rejeitos	CDR

mecanizada de seletivos	Sim
massa (t/d)	405,00
destino dos rejeitos	CDR

Triagem dos resíduos da coleta de mistos	
mecanizada de mistos	Sim
massa disponível (t/d)	2.400,00
porcentagem a ser triada (%)	60,0
massa a ser triada (t/d)	1.440,00
destino dos rejeitos	Incineração
destino dos orgânicos	Tratam. biológico

Eficiência nas triagens	
manual de seletivos	Baixa
mecanizada de seletivos	Baixa
mecanizada de mistos secos	Baixa
mecanizada de mistos orgânicos	Baixa

Subprodutos e rejeitos separados da triagem (t/d)				
	Total	Seletiva manual	Seletiva mecanizada	Mistos mecanizada
papel e papelão	185,83	11,09	99,79	74,95
plástico filme	126,25	7,53	67,80	50,92
plástico rígido	65,25	3,89	35,04	26,32
vidros	34,05	2,03	18,28	13,73
metais ferrosos	32,63	1,95	17,52	13,16
metais não ferrosos	8,51	0,51	4,57	3,43
Total de recicláveis	452,52	27,00	243,00	182,52
orgânicos triados	709,92			
orgânicos seletivos	150,00			
rejeitos combustíveis	604,74	16,20	145,80	442,74
rejeitos não combust.	122,82	1,80	16,20	104,82
			Alimentos	668,48
			Verdes	41,44

	Rejeitos e mistos disponíveis após as etapas de triagem (t/d) — no fluxo de rejeitos mistos										
	Orgânicos		Papel e papelão	Plástico		Vidros	Metais		Rejeitos/mistos		Total
	Alimentos	Verdes		Filme	Rígido		Ferrosos	Não ferrosos	Combustíveis	Não combustíveis	
rejeitos — triagem de mistos	117,97	7,31	49,97	33,95	17,55	9,15	8,77	2,29	216,00	84,60	547,56
mistos não triados	524,30	32,50	83,28	56,58	29,24	15,26	14,62	3,81	144,00	56,40	960,00

Produção de CDR

Resíduos disponíveis para CDR	
rejeitos combustíveis seletivos (man.) (t/d)	16,20
rejeitos combustíveis seletivos (mecan.) (t/d)	145,80
rejeitos combustíveis triag. mecan. mistos (t/d)	0,00
biossecagem — orgânicos de mistos (t/d)	0,00

massa disponível (t/d)	162,00
------------------------	--------

produção de CDR TM (t/d)	162,00
--------------------------	--------

produção de CDR TMB (t/d)	0,00
---------------------------	------

% CDR fino produzido	0,0
% CDR grosso produzido	100,0

CDR produzido (t/d)	
CDR fino	0,00
CDR grosso	137,70

Rejeito para aterro (t/d)	
rejeito para aterro	20,25

perda por evaporação / secagem (t/d)	4,05
--------------------------------------	------

Exemplo de entrada de dados

Aba 'R-Definição'

Dados:

- Tratamento biológico (DA e compostagem)
 - eficiências, uso dos subprodutos
- Tratamento térmico (incineração)
 - limitador cap. > 500 t/d

Tratamento biológico			
orgânicos seletivos (t/d)	150,00		17,4%
orgânicos da triagem mecanizada (t/d)	709,92		82,6%
total de orgânicos (t/d)	859,92		100%

Biodigestão anaeróbia		
perda de massa	Média	12,0%
potencial de geração do biodigestor	Médio	
geração potencial de biogás (Nm ³ /t)		100
geração potencial de energia (kWh/t)		150

Compostagem		
perda de massa	Média	40,0%
rejeito na peneira final	Baixo	5,0%

Destinação do material disponível para tratamento biológico (%)			
biodigestão anaeróbia (%)	100,0	>>>>	859,92 t/d
compostagem (uso nobre) (%)	0,0		
compostagem (uso não nobre) (%)	0,0		

Utilização do biogás	
produção de biometano	Sim
geração de energia elétrica	Não

Qual é a utilização do composto "de uso não nobre" produzido?	
Aplicação no solo (florestamento)	

Capacidade (t/d)	
biodigestão anaeróbia (t/d)	859,92
compostagem para uso nobre (t/d)	0,00
compostagem para uso não nobre (t/d)	756,73

Subprodutos (t/d)	
composto para uso nobre (t/d)	0,00
composto para uso não nobre (t/d)	416,20
energia elétrica (kWh/d)	0
biometano (Nm ³ /d)	50.305

Perdas e rejeitos (t/d)	
rejeito na peneira — composto para aterro (t/d)	37,84
perda por evaporação ou biodigestão (t/d)	405,88

Tratamento térmico			
Incineração			
Incineração dos resíduos da coleta de mistos sem triagem? Não			
mistos sem triagem (t/d)	0,00		
rejeito — seletivos (man.) (t/d)	0,00		
rejeito — seletivos (mecan.) (t/d)	0,00		
rejeito — triagem mec. mistos (t/d)	547,56		
massa disponível total (t/d)	547,56		
PCI ponderado estimado (kWh/t)	2.276,9		

Subprodutos	
metais ferrosos (t/d)	21,06
metais não ferrosos (t/d)	5,49
cinzas de fundo para reaproveitamento (t/d)	0,00
cinzas de fundo para aterro (t/d)	109,51
energia elétrica (kWh/d)	269.295,1
perda de massa por combustão (t/d)	411,50

eficiência na geração de energia elétrica (%)	21,6		
geração de cinzas (%)	20,0		
recuperação de metais das cinzas	Sim	90%	
reaproveitamento das cinzas de fundo (%)	0,0		



ProteGEEr

Exemplo de **entrada** de dados

Aba 'R-Definição'

Dados:

- Disposição final
 - somente aceita aterro sanitário para rotas novas
 - rota atual é possível simular lixão
 - eficiência de captação
 - utilização do biogás
 - existência de estação de transbordo

Disposição final			
Aterro sanitário			
total para aterro sanitário (t/d)	1.145,60		
aterro novo ou já existente?	Novo		
qual Rota está sendo simulada?	Rota futura		
biogás gerado (Nm ³ /d)	166.092		
volume ocupado no aterro por ano (m ³ /d)	1.140,0		
eficiência de captação do biogás	Média	30%	
biogás captado e disponível (Nm ³ /d)	49.828		

Utilização do biogás	
sem queima (%)	0
somente queima (%)	0
aproveitamento do biogás (%)	100
geração de energia elétrica	Não
produção de biometano	Sim

Subprodutos	
energia elétrica (kWh/d)	0,0
produção de biometano (Nm ³ /d)	8.304,6

Estação de transbordo	
há necessidade de estação de transbordo (ET)?	Sim
distância da ET ao aterro (km)	120
porcentagem do resíduo que passa pela ET (%)	100
capacidade da ET (t/d)	1.145,60



ProteGEEr

Exemplo de entrada de dados

Aba 'R-Avançado'

- Parâmetros definidos que podem ser alterados

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1														
2		Município	São Judas Tadeu											
3		Rota	Rota Futura 1											
4														
5		Ajuste de variáveis avançadas para realização do balanço de massa da Rota Tecnológica												
6														
7		Triagem					Produção de CDR							
8			Eficiência da triagem de resíduos (%)											
9			Orgânicos		Recicláveis secos									
10			Mecanizada mistos		Mecanizada mistos	Mecanizada seletiva	Manual seletivos							
11			Valor a usar	85,0	60,0	60,0	60,0							
12			Alta	95,0	90,0	90,0	80,0							
13			Baixa	85,0	60,0	60,0	60,0							
14														
15		Tratamento biológico												
16			Biodigestão			Biodigestão e compostagem					Compostagem			
17			Geração potencial	Biogás	Energia líquida		Perda de massa (%)				Rejeito na peneira pós-compostagem (%)			
18				Nm³/t	kWh/t		Biodigestão	Compostagem			Alto	10,0		
19			Alto	120	180		Alta	15,0	50,0		Médio	150		
20			Médio	100	150		Média	12,0	40,0		Baixo	5,0		
21			Baixo	80	120		Baixa	10,0	30,0					
22														
23				CH ₄ /biogás (%)		65,0								
24				eficiência na utilização do biogás (%)		90,0								
25														
26		Incineração					Aterro sanitário				Aterro sanitário			
27							Eficiência na captação do biogás (%)						Valor	
28			eficiência na geração de energia elétrica	21,6			Alta	Média	Baixa			potencial energético do biogás (MJ/Nm³)	16,8	
29			geração de cinzas	20,0			50,0	30,0	10,0			eficiência na geração elétrica (%)	35,0	
30			recuperação de metais das cinzas	90,0								CH ₄ /biogás (%)	60,0	
31														
32		Características das frações dos resíduos (para incineração e aterro sanitário)												
33			Características das frações dos resíduos											
34			Orgânicos		Papel e papelão	Plástico		Vidro	Metais		Rejeitos/mistos			
35			Alimentos	Parques/jardins		Filme	Rígido		Ferrosos	Não ferrosos	Combustíveis	Não combustíveis		
36			PCI — incineração (GJ/t)	3,7	3,7	10,5	25,0	28,0	0,0	0,0	0,0	10,0	0,0	
37			geração de biogás no aterro (Nm³/t)	250,0	250,0	150,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	
38			volume ocupado no aterro (m³/t)	1,11	1,11	1,05	1,04	1,04	0,51	0,32	0,93	1,11	0,70	



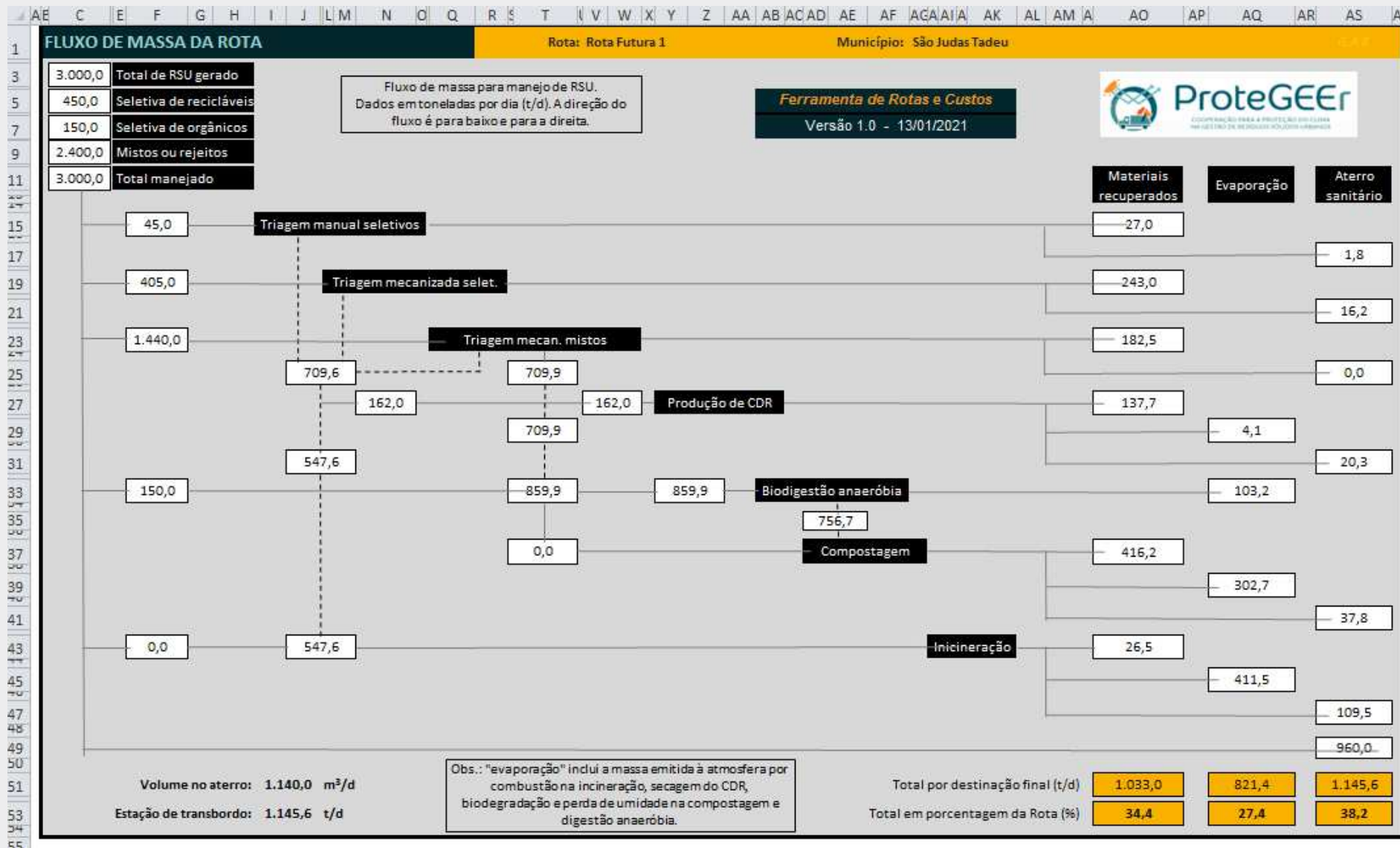
Ferramenta de Rotas e Custos

Versão 1.0 - 13/01/2021

Exemplo de saída de dados

Aba 'R-Fluxo Massa'

- Apresentação em fluxograma do balanço de massa



Exemplo de saída de dados

Aba 'R-Resumo Bal. Massa'

- Capacidades de tratamento e subprodutos por etapa

Triagem						
45,00	Manual – seletivos	45,00	27,00			18,00
405,00	Mecanizada – seletivos	405,00	243,00			162,00
1.440,00	Mecanizada – mistos	1.440,00	182,52	709,92		547,56
	Subtotal	1.890,00	452,52	709,92		727,56
Produção de CDR						
162,00	Rejeitos seletiva – triagem manual	16,20	137,70			20,25
	Rejeitos seletiva – triagem mecanizada	145,80				
	Rejeitos – triagem mistos	0,00				
	Biossecagem – orgânicos	0,00				
	Subtotal	162,00	137,70			20,25
162,00	CDR TM					
0,00	CDR TMB					
Tratamento biológico						
859,92	Biodigestão + compostagem	859,92		416,20		37,84
756,73	Compostagem	0,00				405,88
	Subtotal	859,92		416,20		37,84
Incineração						
547,56	Mistos sem triagem	0,00	26,55			109,51
	Rejeito – seletivos (manual)	0,00				
	Rejeito – seletivos (mecanizada)	0,00				
	Rejeito – triagem mecanizada mistos	547,56				
	Subtotal	547,56	26,55			109,51
Aterro sanitário						
1.145,60	Resíduos mistos não triados	960,00				
	Rejeitos – triagem de seletivos	0,00				
	Rejeitos – triagem de mistos	18,00				
	Rejeitos – produção de CDR	20,25				
	Rejeitos – tratamento biológico	37,84				
	Cinzas – incineração	109,51				
	Subtotal	1.145,60				

Resultado final do balanço de massa		
	Massa (t/d)	(%)
Aterro	1.145,60	38,19
Material reciclável	1032,97	34,43
Evaporação*	821,43	27,38
Total	3.000,00	100,0

*Por evaporação, combustão ou biodegradação



ProteGE

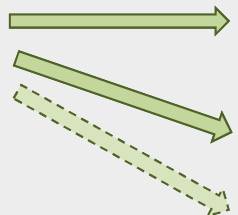
Exemplo de **saída** de dados

Aba 'R-Resumo Bal. Massa'

- Subprodutos por etapa
- Em termos de massa (t/d) e produção de energia elétrica ou biometano

54	55	Subprodutos		Subprodutos por etapa da Rota								
				Total	Triagem			CDR	Tratament o biológico	Incineraç ão	Aterro sanitário	
		t/d	Manual de seletivo		canizada de seletivo	canizada de misto						
57												
58		Recicláveis	papel e papelão	185,83	11,09	99,79	74,95					
59			plástico filme	126,25	7,53	67,80	50,92					
60			plástico rígido	65,25	3,89	35,04	26,32					
61			vidros	34,05	2,03	18,28	13,73					
62			metais ferrosos	53,68	1,95	17,52	13,16				21,06	
63			metais não ferrosos	14,00	0,51	4,57	3,43				5,49	
64			Total de recicláveis	479,07	27,00	243,00	182,52				26,55	
65			t/d									
66		Recicláveis orgânicos	composto para uso nobre	0,00						0,00		
67			composto para uso não nobre flor	416,20						416,20		
68			composto para uso não nobre – c	0,00						0,00		
69			Total de orgânicos	416,20						416,20		
70			t/d									
71		CDR	fino	0,00				0,00				
72			grosso	137,70				137,70				
73			Total de CDR	137,70								
74		Energia elétrica	kWh/d	269.295,1						0,0	269.295,1	0,0
75		Biometano	Nm ³ /d	58.609,9						50.305,3		8.304,6
76		Cinzas recicladas	t/d	0,00							0,00	
77												

Saídas da parte ROTAS



Balanço de massa completo da Rota, incluindo capacidades operacionais das unidades e subprodutos gerados

Entradas da parte CUSTOS da Ferramenta R&C

Resumo da Rota para entradas da Ferramenta GEE

Aba 'R&C-Painel de Controle' - parte Custos da Ferramenta

Aba 'Saída GEE' - parte Rotas da Ferramenta

Informações sobre Capex & Opex Capex			Tecnologias de Tratamento & Disposição			Tecnologias de Tratamento & Disposição		
	Unid.	Valor		Unid.	Valor		Unid.	Valor
52	Real/Euro	5,00	Triagem Manual - Seletivos	Sim	15.494	Triagem Manual - Seletivos		
53	Real/Dólar: Americano	4,50	% de Nacionaliz. Equipamentos 1 % Sobred	100%	10%	Triagem Mecanizada		
54	%	50%	Área da Unidade de Tratamento Industrial	19.918		Reinvestimento a cada 5 anos		
55	R\$/m²	25,00	% de Nacionaliz. Equipamentos 1 % Sobred	45%	20%	Produção de CDR TM - Trat. Mec.		
56	R\$/m²	90,00	Área da Unidade de Tratamento Industrial	35.121		Reinvestimento a cada 5 anos		
57	R\$/m²	500,00	Produção de CDR TM - Trat. Mec.	Sim	60.847	Produção de CDR TM - Trat. Mec.		
58	R\$/m²	5.000,00	% de Nacionaliz. Equipamentos 1 % Sobred	30%	20%	Área da Unidade de Tratamento Industrial		
59	R\$/m²	1.500,00	Área da Unidade de Tratamento Industrial	2.900		Reinvestimento a cada 5 anos		
60	%	0%	Prod. CDR TMB - Trat. Mec./Biolog.	Não	0	Produção de CDR TMB - Trat. Mec.		
61	R\$/mês	20.000	% de Nacionaliz. Equipamentos 1 % Sobred	20%	20%	Área da Unidade de Tratamento Industrial		
62	R\$/mês	10.000	Área da Unidade de Tratamento Industrial	0		Reinvestimento a cada 5 anos		
63	R\$/mês	1.500	% de Nacionaliz. Equipamentos 1 % Sobred	50%	20%	Biogestão Anaeróbia		
64	R\$/mês	1.250	Área da Unidade de Tratamento Industrial	162.759		Reinvestimento a cada 5 anos		
65	R\$/MWh	375,00	Compostagem	Sim	236.856	Compostagem		
66	R\$/MWh	25.000,00	% de Nacionaliz. Equipamentos 1 % Sobred	20%	0%	Área da Unidade de Tratamento Industrial		
67	R\$/mês	100.000,00	Área da Unidade de Tratamento Industrial	45.788		Reinvestimento a cada 5 anos		
68	R\$/mês	25.000,00	% de Nacionaliz. Equipamentos 1 % Sobred	20%	20%	Incineração		
69	R\$/mês	100.000,00	Área da Unidade de Tratamento Industrial	96.000		Reinvestimento a cada 5 anos		
70	R\$/m²	35,00	Aterro Sanitário	Sim	358.572	Aterro Sanitário		
71	R\$/L	3,00	% de Nacionaliz. Equipamentos 1 % Sobred	100%	0%	Área da Unidade de Tratamento Industrial		
72	R\$/kg	150,00	Área Total Aterro Sanitário	360.375		Capex Encerramento Aterro Sanit.		
73	R\$/kg	0,45	% de Nacionaliz. TOTAL dos Invest.	34%		Reinvestimento Total Rota (cada 5 anos)		
74	R\$/kg	100,00	Área Total da Unidade de Tratamento e Disposição	362.485		Total CAPEX do Trat. / Dispos.		
75	R\$/m²	15,00	Total de RSU Manejado no Tratamento/Disposição	939.000				
76								
77								
78								
79								
80								
81								
82								
83								
84								
85								
86								
87								
88								
89								
90								
91								
92								
93								
94								

Município		Rota	
São Judas Tadeu			
Rota Futura 1			

Saída de dados para entrada na Ferramenta GEE — Emissão de gases de efeito estufa			
E9	massa total resíduos sólidos (t/a)	939.000	t/ano

Aba 'Reciclagem' da Ferramenta GEE			
Materiais secos			
E13	Papel, papelão	47,3	% 185,93 t/d
E14	Plásticos	47,3	% 191,51 t/d
E15	Vidros	47,3	% 34,05 t/d
E16	Metais ferrosos	47,3	% 32,63 t/d
E17	Alumínio	47,3	% 8,51 t/d

Resíduos orgânicos (para reciclagem) - uso na agricultura ou florestamento			
E24	Resíduos de alimentos	55,8	% 809,73 t/d
E25	Resíduos de jardins e poda	55,8	% 50,19 t/d

Tipo de tratamento de orgânicos - uso na agricultura ou florestamento			
E30	Compostagem	0,0	%
E31	Digestão anaeróbia	100,0	%

Utilização do biogás			
E34	Energia elétrica	100,0	% Sim
E35	Biometano	0,0	%

Aba 'Disposição' da Ferramenta GEE			
Tipos de tratamento e descarte de resíduos - disposição no solo			
E7	Não coletado e não queimado	0,0	% 0,00 t/d
E8	Queimado a céu aberto	0,0	% 0,00 t/d
E10	Disposição inadequada/lixão	0,0	% 0,00 t/d
E11	Aterro controlado sem coleta de biogás	0,0	% 0,00 t/d
E12	Aterro sanitário com coleta de biogás	58,0	% 978,00 t/d

Outras opções de recuperação e destinação final			
E14	Tratamento biológ. + cobertura do aterro	0,0	% 0,00 t/d
E15	CDR seco + cimenteira + rejeito para aterro	5,6	% 162,00 t/d



Resumindo...

A Ferramenta Rotas e Custos:

- Permite simular diferentes Rotas para o manejo de RSU
 - Somente tecnologias consolidadas podem ser simuladas como parte da rota
 - Parâmetros de entradas são fornecidos pelo usuário
 - Há parâmetros de eficiências já predefinidos mas que podem ser alterados
 - Há limitadores em relação a capacidades mínimas necessárias
 - Faz o balanço de massa e estima geração de energia da rota
-
- Simula custos da rota (e por etapa da rota): Capex, Opex, custo unitário
 - Tem uma rotina de cálculo estimativo de tarifa

ROTAS

CUSTOS



ProteGEEr

Muito obrigado pela sua atenção!

Geraldo Antônio Reichert

Engenheiro Civil e Doutor em Saneamento Ambiental

Correio-E: Geraldo.603@gmail.com



ProteGEEr

COOPERAÇÃO PARA A PROTEÇÃO DO CLIMA
NA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS