

**7º CONRESOL**  
7º Congresso Sul-Americano  
de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade  
CURITIBA/PR - 14 a 16 de Maio de 2024



# Inovação na Rotas Tecnológicas para Gestão de RSU

## A Coleta Seletiva e as Instalações de Recuperação de Resíduos - Triagem

Paulo Celso dos Reis Gomes



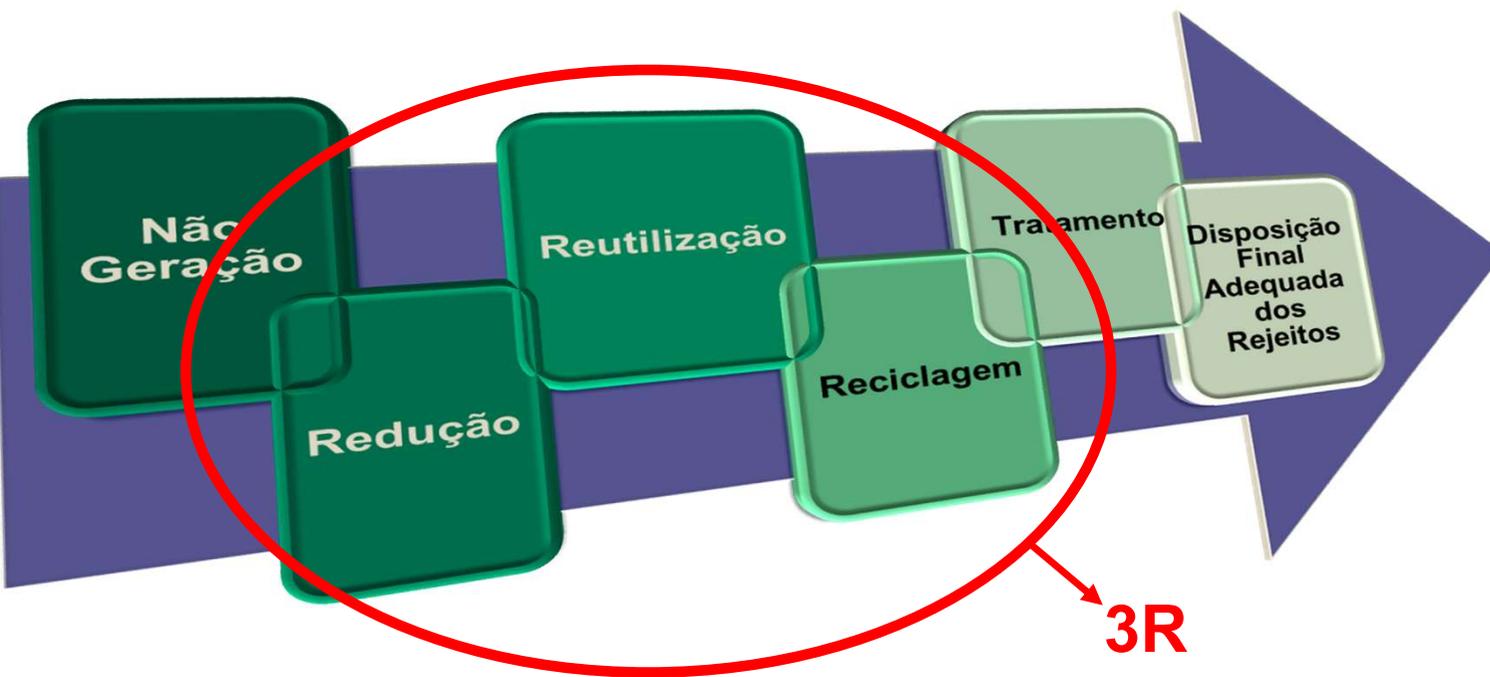
**Universidade de Brasília**



# Gestão de Resíduos na ótica da Economia Circular



# Política Nacional de Resíduos Sólidos - Lei 12.305/2010



**Geração Brasil**  
~1kg/hab/dia

**Geração OCDE**  
~1,8kg/hab/dia

**Será difícil Reduzir e Reutilizar em escala...**

Artigo 9º – hierarquia a ser observada no gerenciamento e na gestão dos resíduos sólidos urbanos

# SISTEMAS COMUNS DE GESTÃO DE RSU



**COMO  
EVOLUIR/ESVERDEAR OS  
SISTEMAS DE GESTÃO DE  
RESÍDUOS?**

## Diversificar a Rota Tecnológica

### SISTEMA INTEGRADO DE GESTÃO DE RSU

Inclui a **segregação na origem e a coleta de todos os tipos de resíduos e de todas as fontes**, seguido pelas seguintes opções:

- **recuperação ou valorização secundária de materiais (reciclagem);**
- **tratamento biológico da matéria orgânica;**
- **tratamento térmico dos rejeitos; e**
- **aterro sanitário dos rejeitos.**

Acondicionamento

Coleta

Disposição Final



**LIXÃO NÃO!**

Índice anual médio de redução  
da disposição final inadequada  
é de 0,72%

Panorama dos Resíduos, Abrelp - 2020

# Roteiro Encerramento de Lixões - MDR

<https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/proteger/biblioteca/>

## • O QUE É?

Orientações para os municípios encerrarem os seus lixões permanentemente, implantando em paralelo um sistema de gestão de RSU sustentável.

## • POR QUE?

Ainda com mais de 3.000 de lixões em operação no Brasil, os municípios tem uma abordagem simplista de que para fechar um lixão só é necessário construir um aterro sanitário.

## • COMO UTILIZAR?

Siga passo a passo cada uma das 10 etapas descritas no documento, envolvendo os stakeholders públicos e privados.

## • QUAIS OS RESULTADOS?

Lixão encerrado de maneira sustentável, catadores incluídos no gerenciamento de RSU, implementação de tecnologias, tratamento e disposição final adequada dos resíduos.

### 1 SUPORTE TÉCNICO

■ Identifique profissionais dos órgãos de controle, de governo ou contrate consultores ou instituições de ensino que possam assessorar o processo.

### 2 CONHECER A SITUAÇÃO

- Identifique estudos, informações, diagnósticos, documentos oficiais, entre outros levantamentos sobre o atual lixão e os resíduos ali dispostos.
- Identifique os principais problemas existentes no lixão, incluindo estimativa de catadores que atuam na área, população do entorno, riscos ambientais e à saúde.
- Verifique e catalogue a existência de outros lixões presentes no município.
- Identifique os aterros sanitários licenciados mais próximos.

### 3 CONSTRUÇÃO COLETIVA

- Identifique os responsáveis por cada desafio e compartilhe a responsabilidade das ações com órgãos internos e externos como Ministério Público, órgão ambiental estadual e Câmara Municipal.
- Formalize a constituição de equipes de trabalho com as respectivas atividades, cronogramas e prazos.

### ELABORAÇÃO DO PLANO DE AÇÃO 5

- Escolha o método mais adequado para o encerramento e recuperação do lixão.
- Planeje a disposição dos rejeitos em aterro sanitário (público ou privado), que pode ser municipal ou regional.
- Planeje a reciclagem de secos e orgânicos e, caso economicamente viável, a recuperação energética.
- Estime os investimentos e elabore o cronograma físico/financeiro.

### 4 PARTICIPAÇÃO SOCIAL

- Envolve a comunidade local, as instituições de ensino, as religiosas, os catadores, os comerciantes e outros no processo.

16

### 6 BUSCA DE FINANCIAMENTO

- Busque fontes de financiamento para implantar o Plano.
- Faça tudo o que for possível com os seus próprios recursos.

### 7 PROCESSO DE TRANSIÇÃO

- Implante as ações emergenciais do Plano de Ação em relação ao lixão e aos catadores.

ALUGAR GALPÕES TEMPORÁREOS

### 8 IMPLANTAR O PLANO DE AÇÃO

- Destine os rejeitos para aterro sanitário licenciado.
- Implante e fortaleça a coleta seletiva, com inclusão dos catadores.
- Encaminhe orgânicos para compostagem ou biodigestão anaeróbia.
- Implante as ações de recuperação da área degradada.

### DESTINAÇÃO ADEQUADA DOS OUTROS RESÍDUOS 9

- Implante políticas específicas para grandes geradores, para coleta e disposição de Resíduos da Construção Civil, dos Serviços de Saúde e articule com os responsáveis para implantação da logística reversa.

### 10 MONITORAMENTO E AVALIAÇÃO

- Implante um modelo de monitoramento e avaliação das metas e ações do Plano de Ação, avalie os resultados e faça as adequações necessárias.

# Aterramento de rejeitos - Tratamento de chorume e gás



**Aterro e Lixão – Chorume? Biogás?  
Lixão – Landfill Mining?**

## ✓ FECHAR LIXÃO

- ✓ Inaugurar o Aterro Sanitário
- ✓ Incluir catadores agentes ambientais
- ✓ Diversificar a Rota Tecnológica RSU
- ?? Recuperar a área do Lixão ??

# Zoneamento



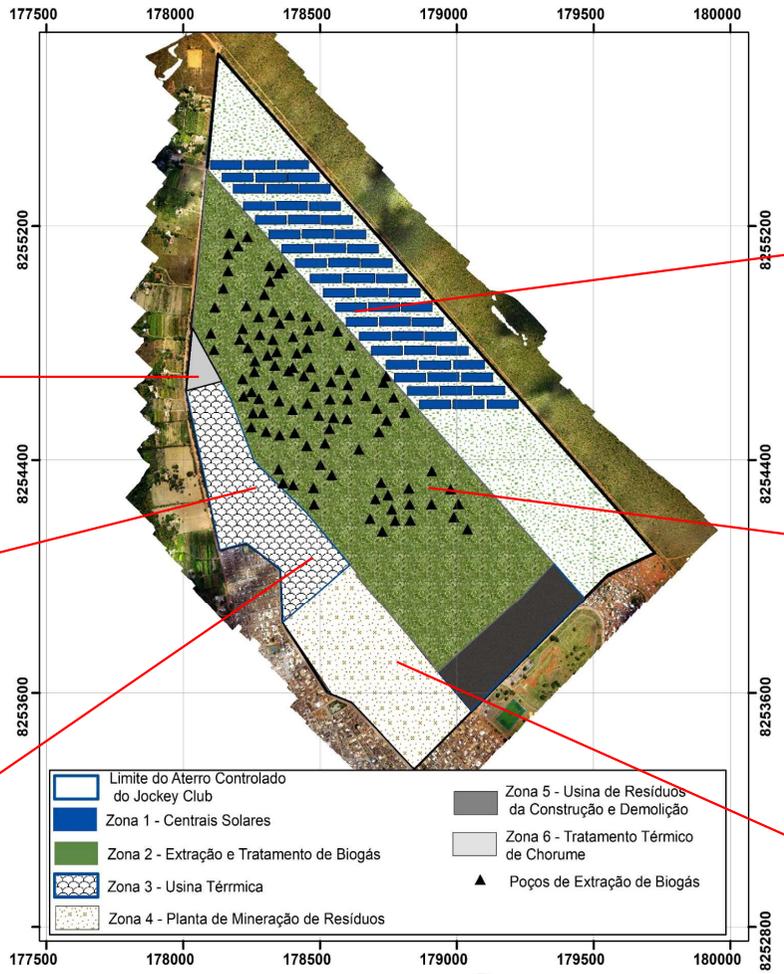
Processamento de chorume



Grupo geradores



Termelétrica



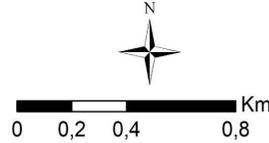
Central solar FV e CSP



Gás de aterro



Mineração

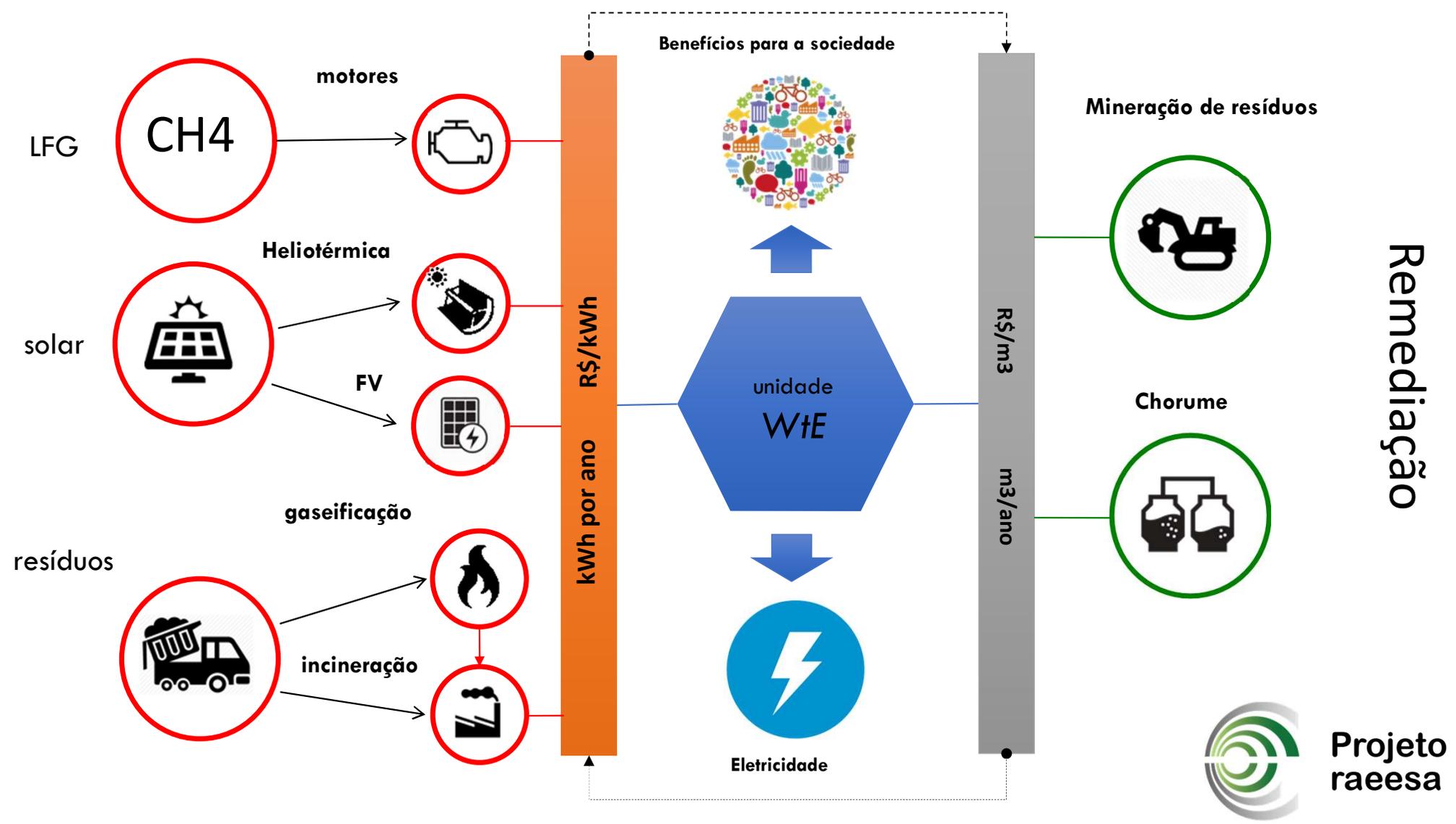


Sist. de Coordenadas: WGS84 UTM Zona 23S  
 Projeção: Transversa de Mercator  
 Datum: WGS 1984  
 Unidade: metros

**Projeto RAEEEA**

Logos for CEB Lajado, CEB Geração, UnB, and GEO FLUXO.

# Potencial energético



# RISCOS LIXÃO DE SEM RECUPERAÇÃO

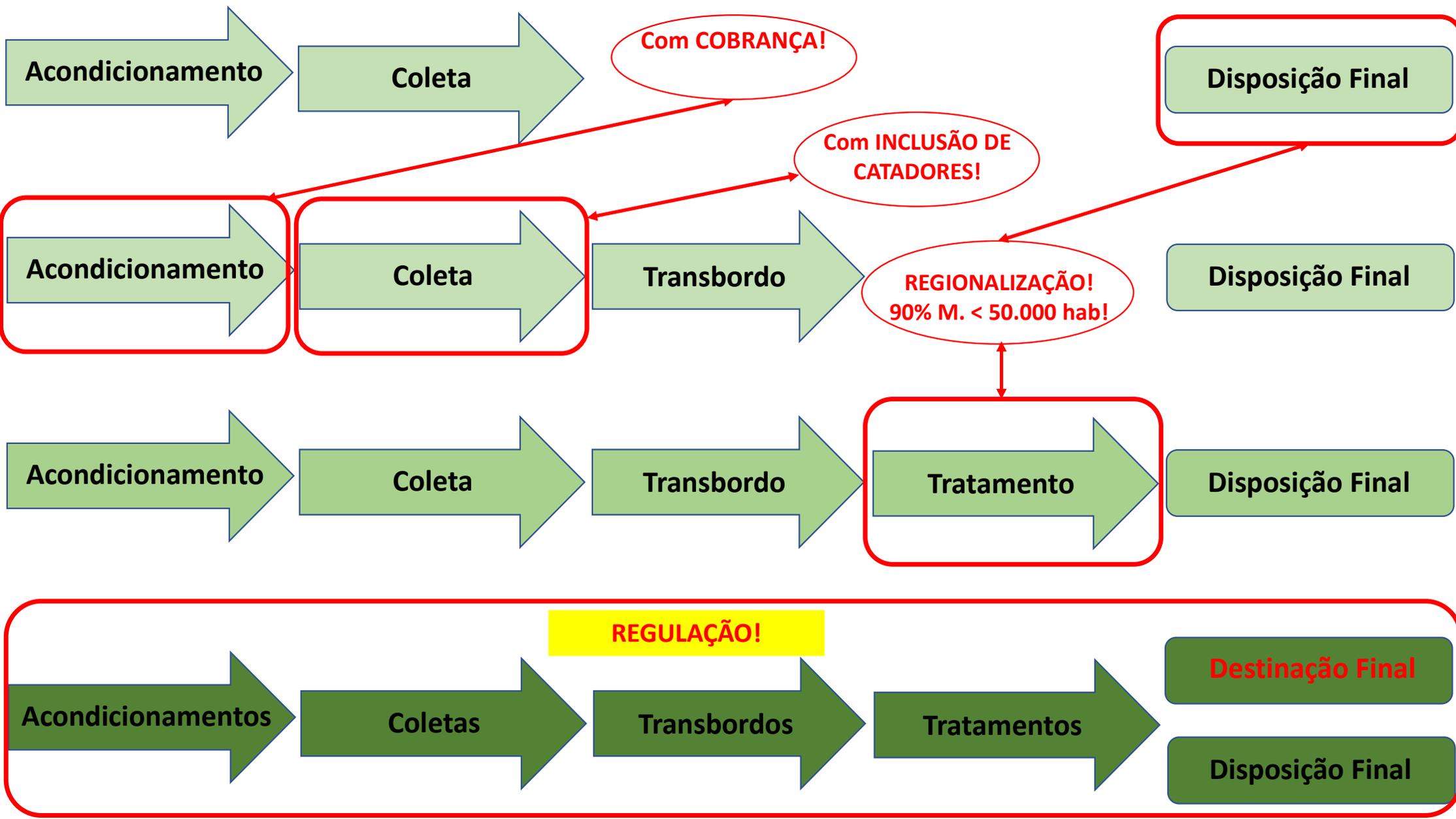
**Contaminação área → Chorume**

Escorregamento do maciço → 40 metros (200ha)

Incêndio → Biogás + Materiais → PNB

Explosão → Biogás

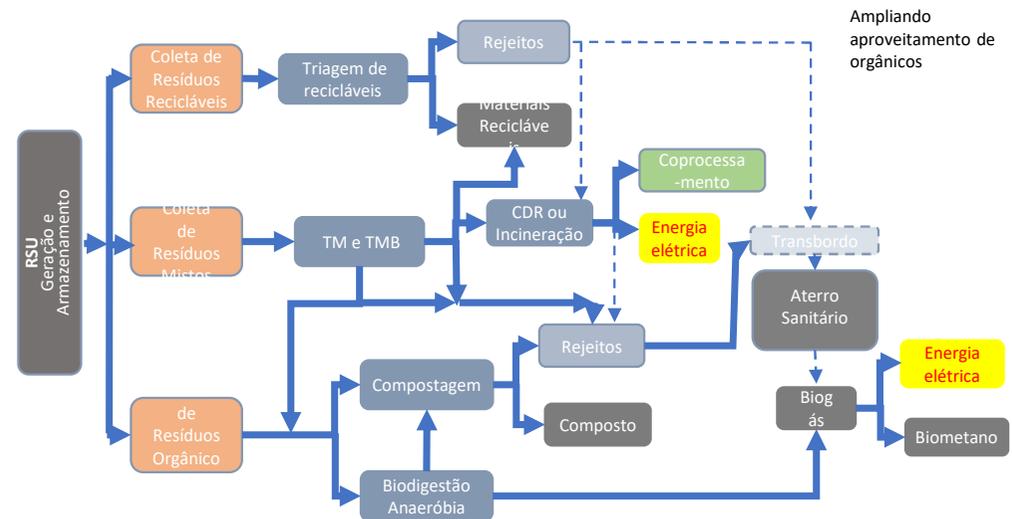
Ocupação/casas → expansão Favela Santa Luzia



# Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Gestão RSU – MDR/GIZ

## • O QUE É?

Ferramenta de simulação em Excel para os municípios definirem as combinações apropriadas de tecnologia integrada e estimar custos (OPEX, CAPEX) para sua implementação e operação como critério de decisão.



## • POR QUE?

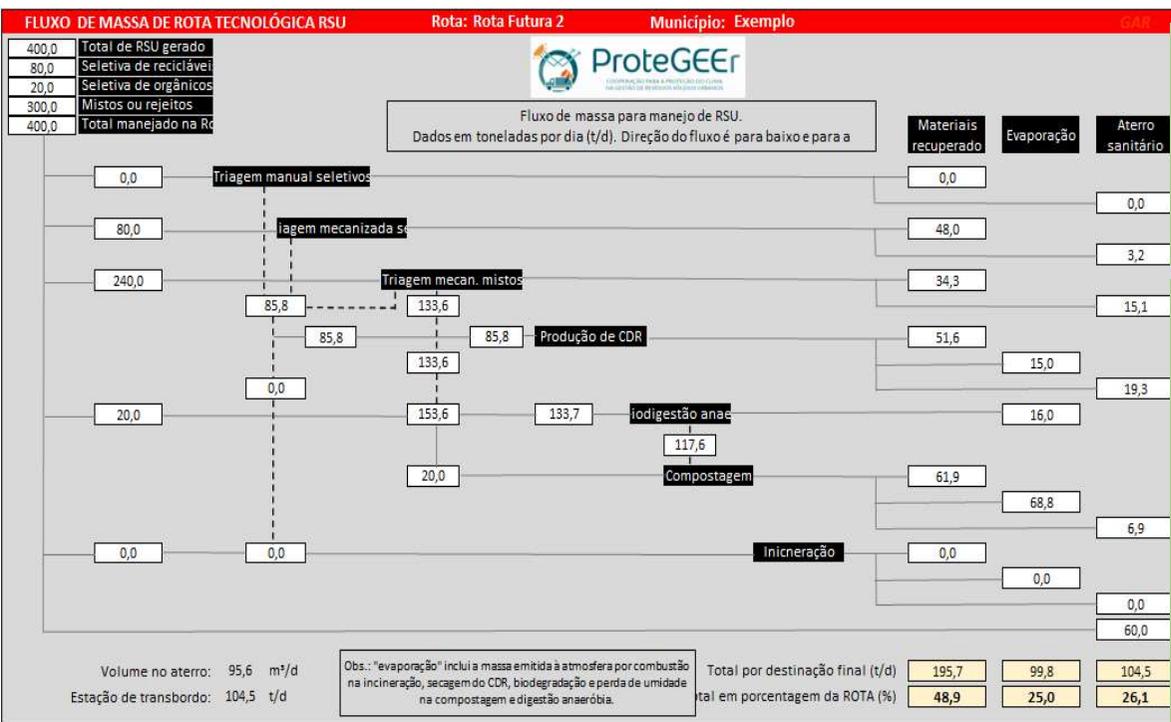
As equipes técnicas municipais não sabem quais as opções tecnológicas que são adequadas para a gestão de seus RSU e tem informações equivocadas dos custos reais associados a cada uma das tecnologias.

## • COMO UTILIZAR?

Inserir os dados locais de RSU para que a ferramenta possa propor uma rota tecnológica e calcular os custos associados.

## • QUAIS OS RESULTADOS?

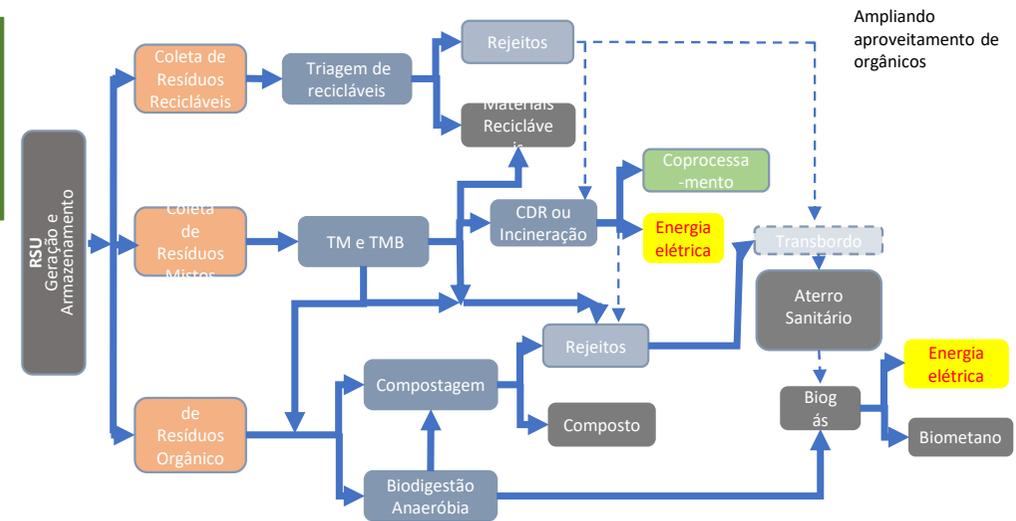
Simulação de alternativas tecnológicas para a GRSU no município, com estimativas de custos associados (Capex/Opex).



# Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Gestão RSU – MDR/GIZ

## • O QUE É?

Ferramenta de simulação em Excel para os municípios definirem as combinações apropriadas de tecnologia integrada e estimar custos (OPEX, CAPEX) para sua implementação e operação como critério de decisão.



## • POR QUE?

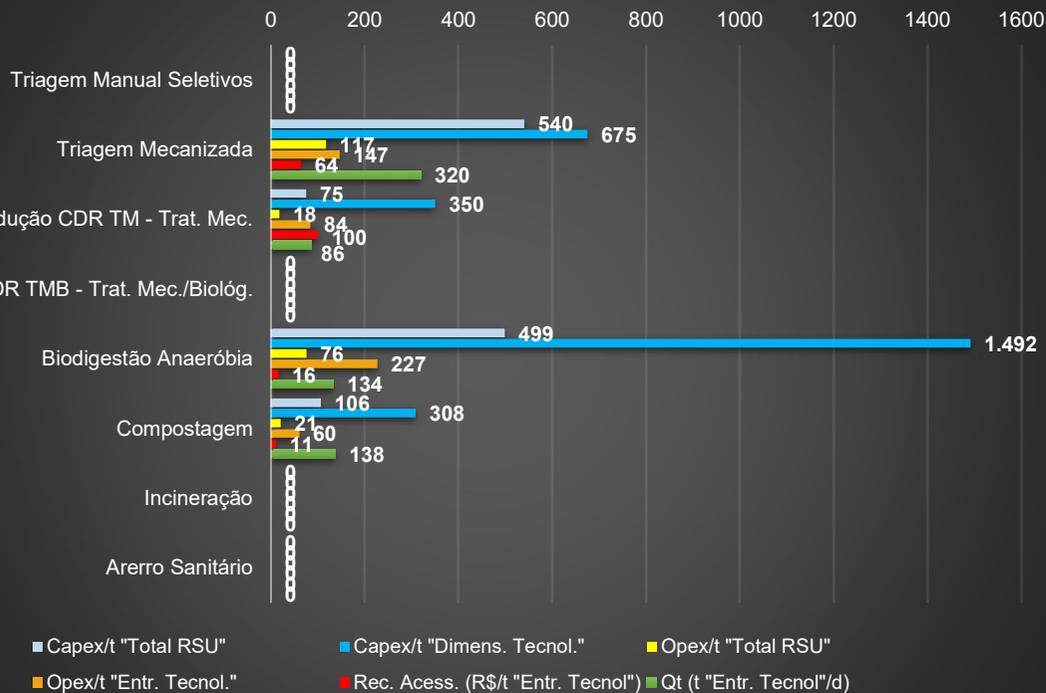
As equipes técnicas municipais não sabem quais as opções tecnológicas que são adequadas para a gestão de seus RSU e tem informações equivocadas dos custos reais associados a cada uma das tecnologias.

## • COMO UTILIZAR?

Inserir os dados locais de RSU para que a ferramenta possa propor uma rota tecnológica e calcular os custos associados.

## • QUAIS OS RESULTADOS?

Simulação de alternativas das combinações tecnológicas mais apropriadas para a GIRSU no município, com estimativas de custos associados (Capex/Opex).



# Recomendação Tecnologias RSU

<https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/protegeer/>

| População (mil hab) | Resíduos (t/d)    | Triagem Manual | Triagem Mecânica | Compost.   | CDR TM     | CDR TMB     | Biodig.    | Inciner. | Aterro Sanitário |
|---------------------|-------------------|----------------|------------------|------------|------------|-------------|------------|----------|------------------|
| Até 50.000          | Até 50            | 2,5 a 100      |                  | 10 a 1.500 |            |             |            |          | 10 -             |
| 50.000 a 100.000    | 50 a 100          |                |                  |            |            |             |            |          |                  |
| 100.000 a 500.000   | 100 a 500         |                | 100 a 2.500      |            | 50 a 1.750 |             | 50 a 1.500 |          |                  |
| 500.000 a 1.000.000 | 500 a 1.000       |                |                  |            |            |             |            | 500 -    |                  |
| >1.000.000          | A partir de 1.000 |                |                  |            |            | 500 a 2.500 |            |          |                  |

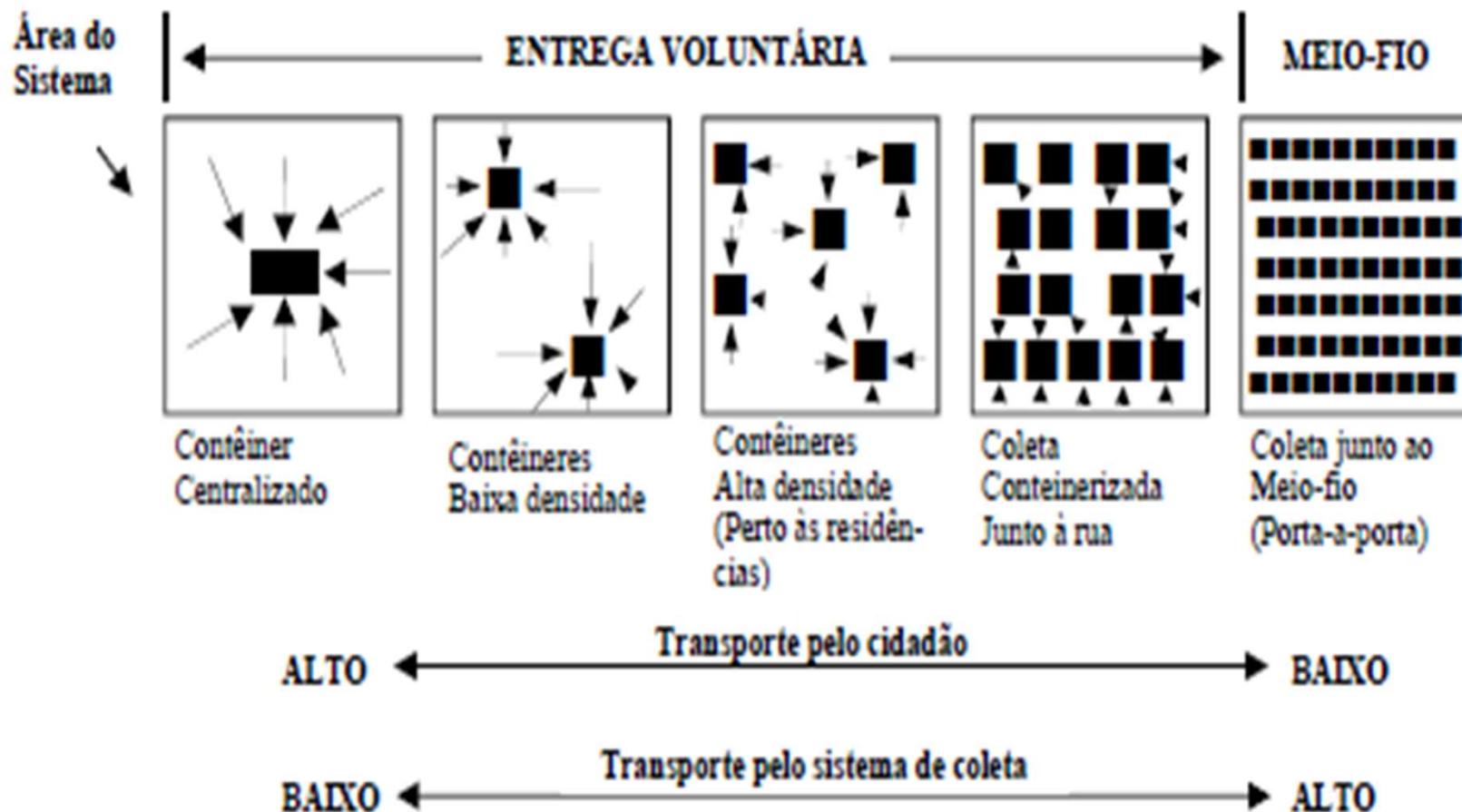
# Condições dignas de trabalho - Contratos de COLETA SELETIVA



# Sistemas de coletas convencionais e Sistemas não convencionais (CUSTO 40% TOTAL)



# Espectro de métodos de COLETA de PEV a coleta no meio-fio ou porta-a-porta

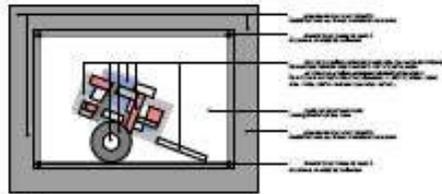


# Condições dignas de trabalho - Contratos de triagem



# Construção IRR - Ambiente mais Seguro e eficiente

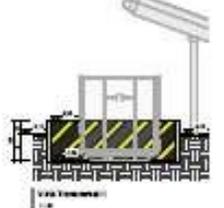
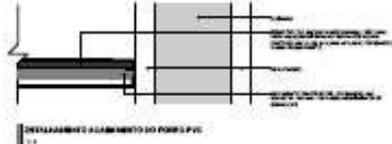
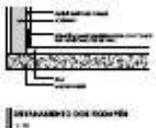
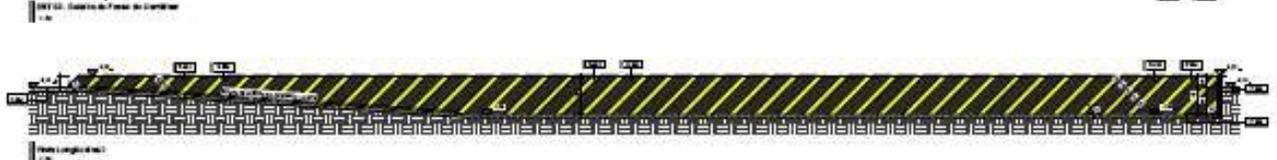
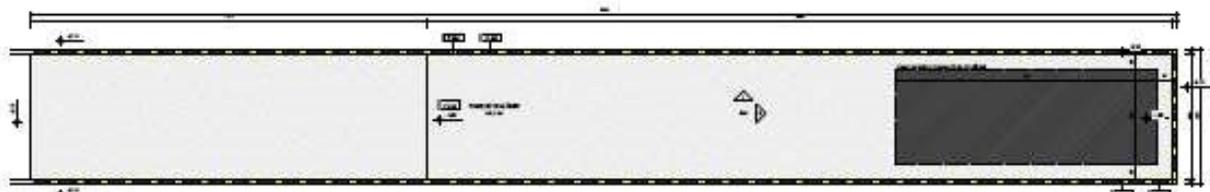
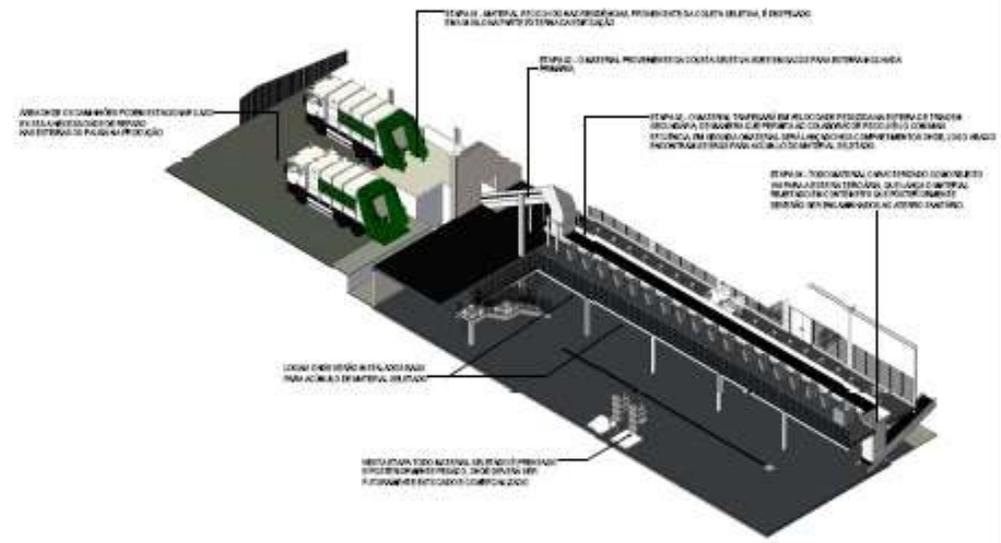




1. Perfilado de alumínio  
 2. Vidro temperado  
 3. Borracha de vedação  
 4. Ferragem  
 5. Isolamento térmico  
 6. Isolamento acústico



Nota: Este produto é indicado para uso em ambientes internos e externos, sendo necessário a instalação adequada do produto de acordo com as especificações técnicas e o manual de instalação.

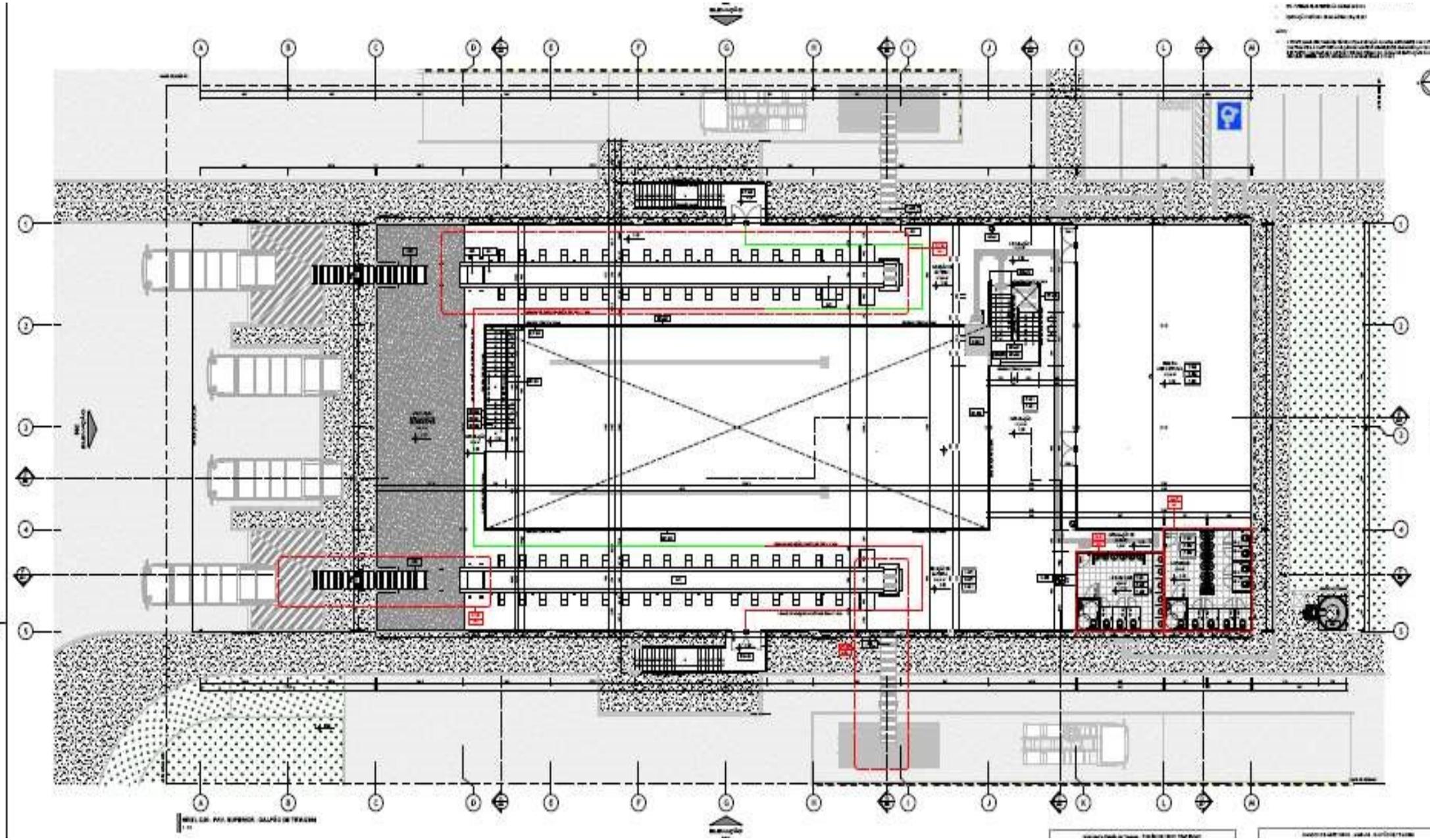


PROJETO DE ARQUITETURA  
 024

| ITEM | DESCRIÇÃO  | QUANTIDADE | UNIDADE        | VALOR UNITÁRIO | VALOR TOTAL |
|------|------------|------------|----------------|----------------|-------------|
| 001  | ALUMÍNIO   | 100        | M              | 100,00         | 10.000,00   |
| 002  | VIDRO      | 100        | M <sup>2</sup> | 100,00         | 10.000,00   |
| 003  | BORRACHA   | 100        | M              | 100,00         | 10.000,00   |
| 004  | FERRAGEM   | 100        | UN             | 100,00         | 10.000,00   |
| 005  | ISOLAMENTO | 100        | M <sup>2</sup> | 100,00         | 10.000,00   |
| 006  | OUTROS     | 100        | M              | 100,00         | 10.000,00   |
| 007  | MAIS       | 100        | M              | 100,00         | 10.000,00   |

TÍTULO: PROJETO DE ARQUITETURA  
 DATA: 10/10/2023  
 LOCAL: SÃO PAULO, SP

PROJETO DE ARQUITETURA  
 024



1. TITEL DAN NAMA DESAINERS  
2. NO. SKEDAH DAN NO. SKEDAH  
3. NAMA  
4. TITEL DAN NAMA DESAINERS  
5. NO. SKEDAH DAN NO. SKEDAH  
6. NAMA

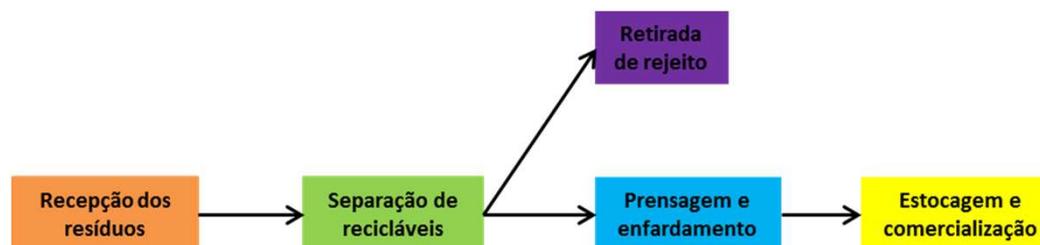
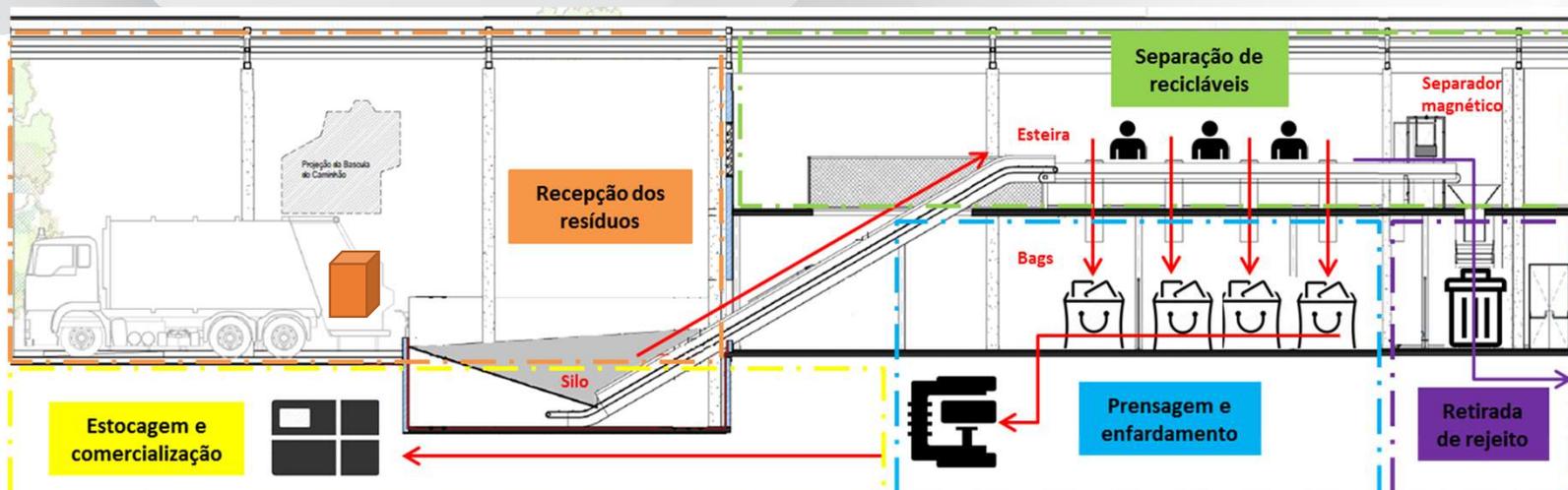
REVISI: 01  
NO. SKEDAH: 01/2024

REVISI: 01  
NO. SKEDAH: 01/2024

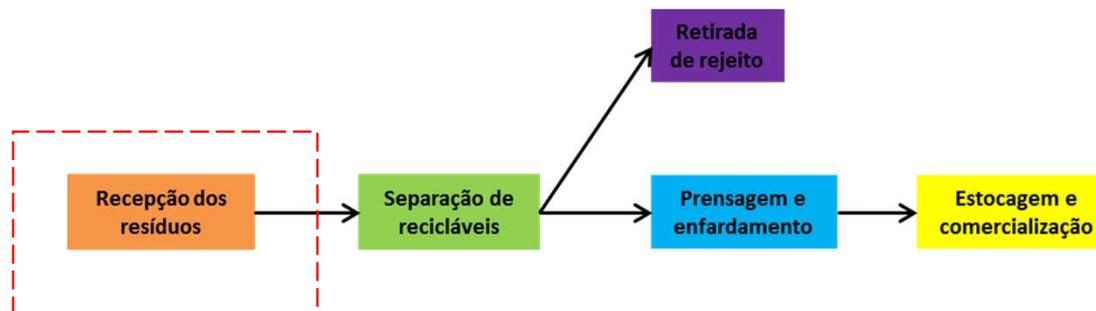
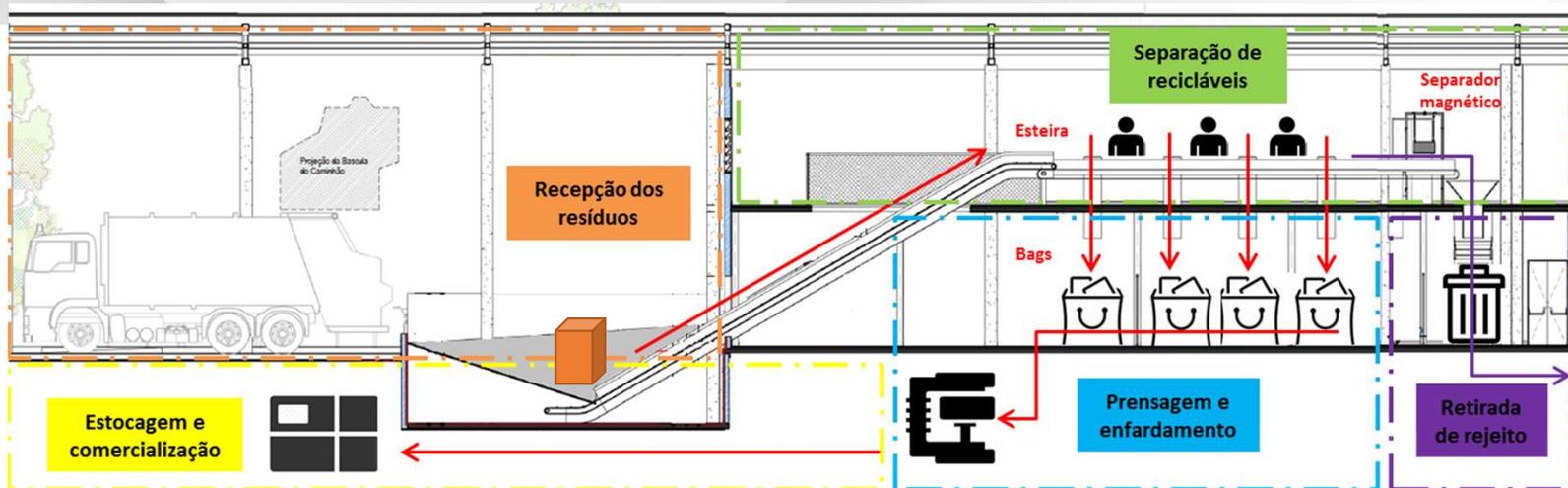


# Processo de Trabalho nas IRR - DF

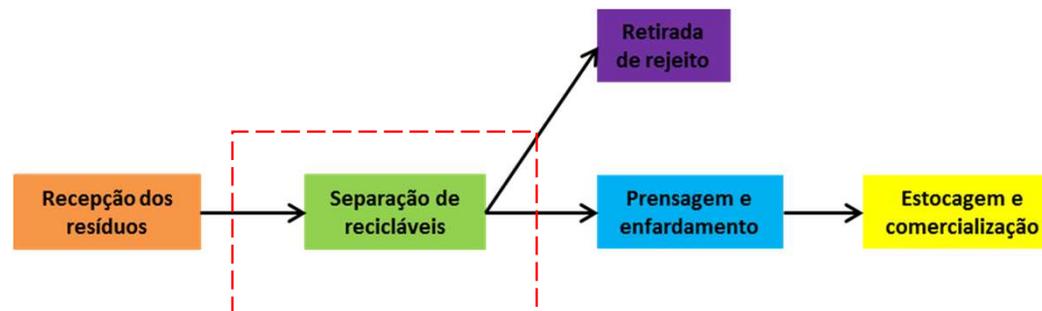
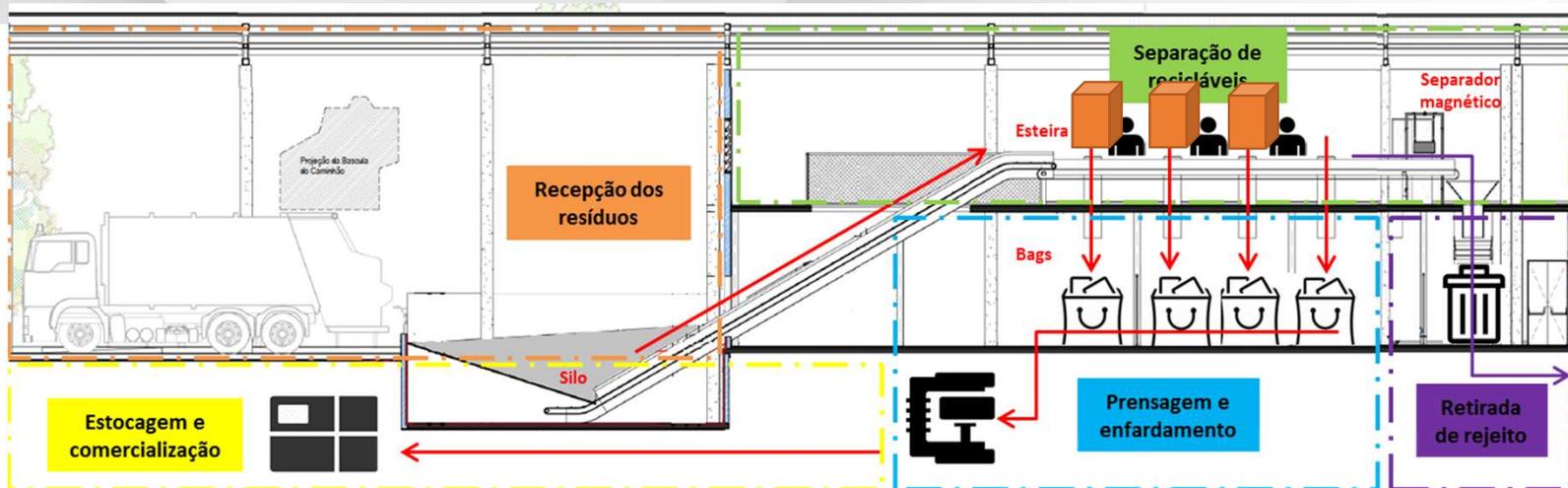
## Vista Lateral



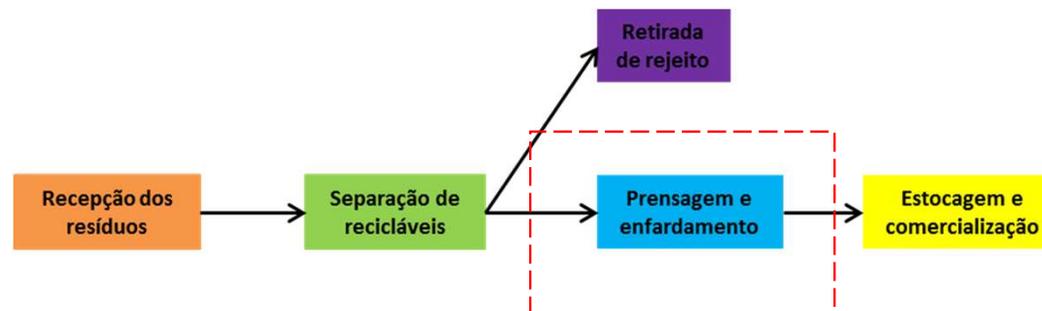
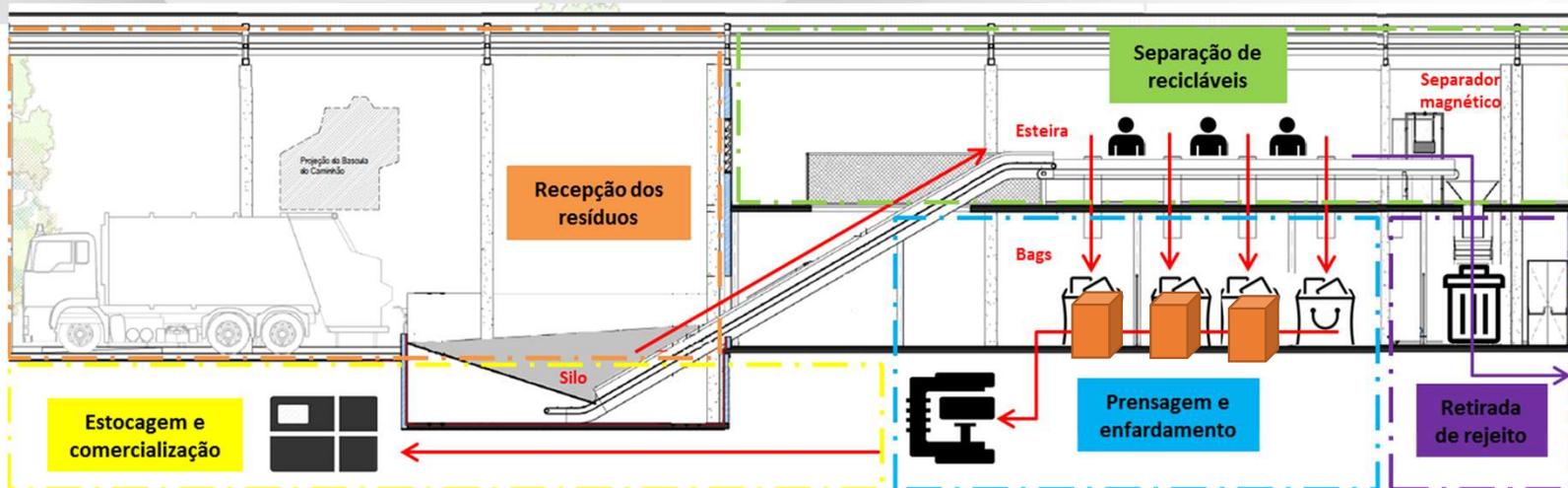
# Processo de Trabalho nas IRR



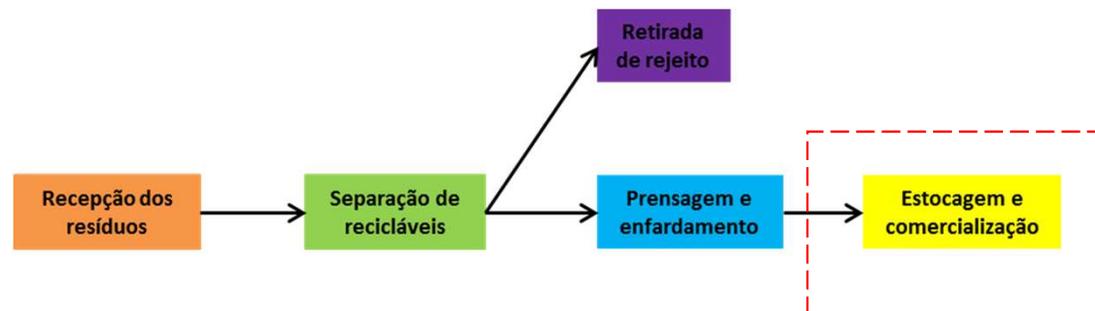
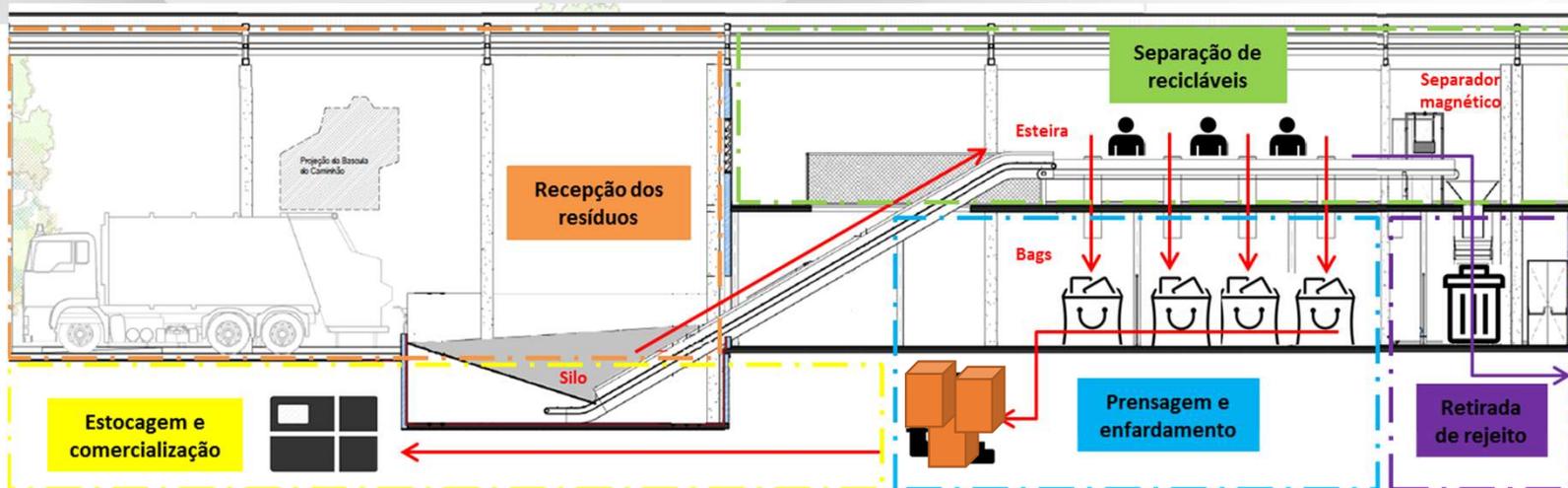
# Processo de Trabalho nas IRR



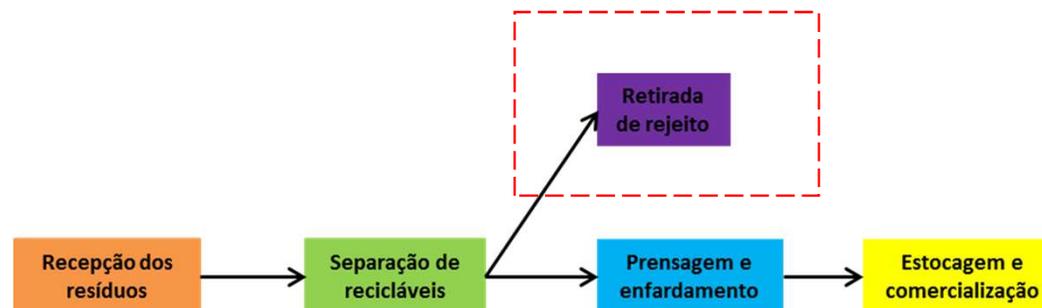
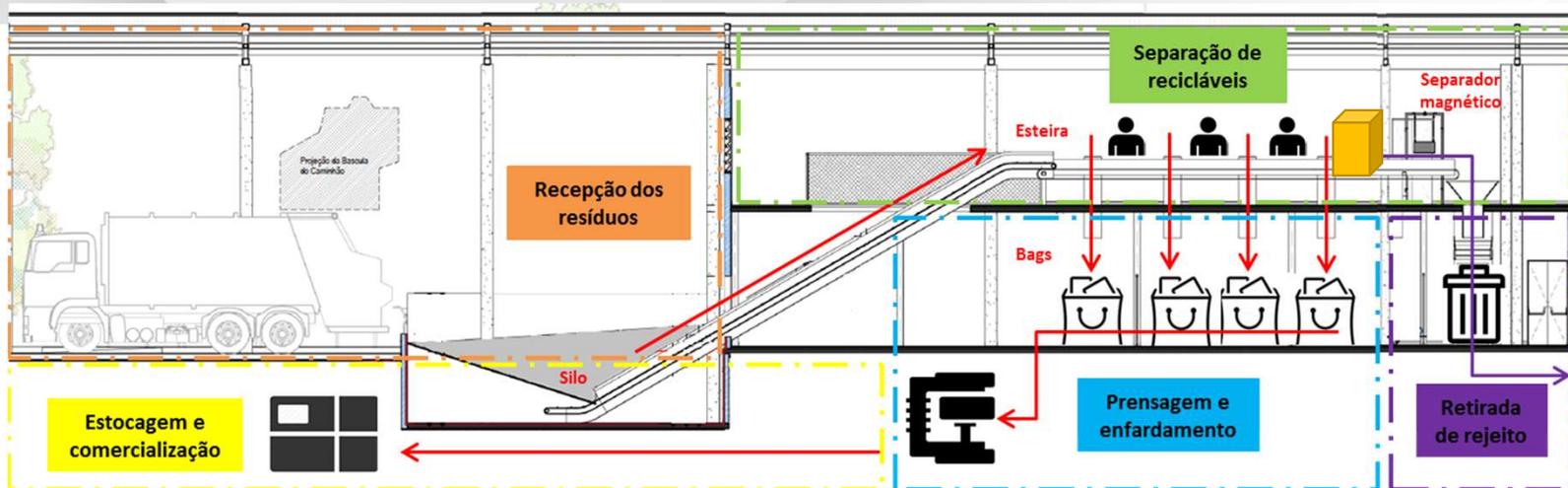
# Processo de Trabalho nas IRR



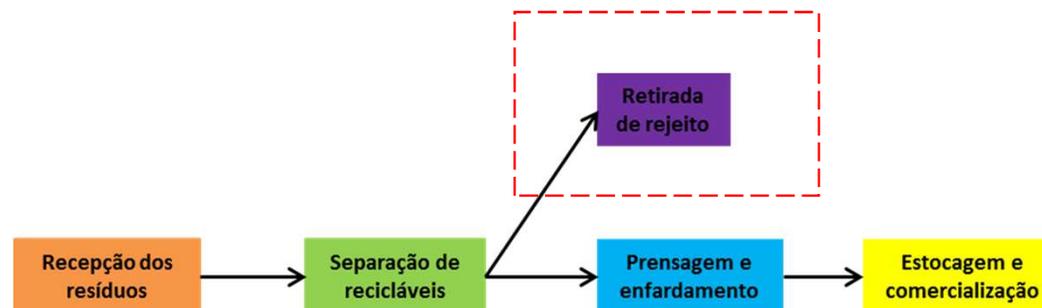
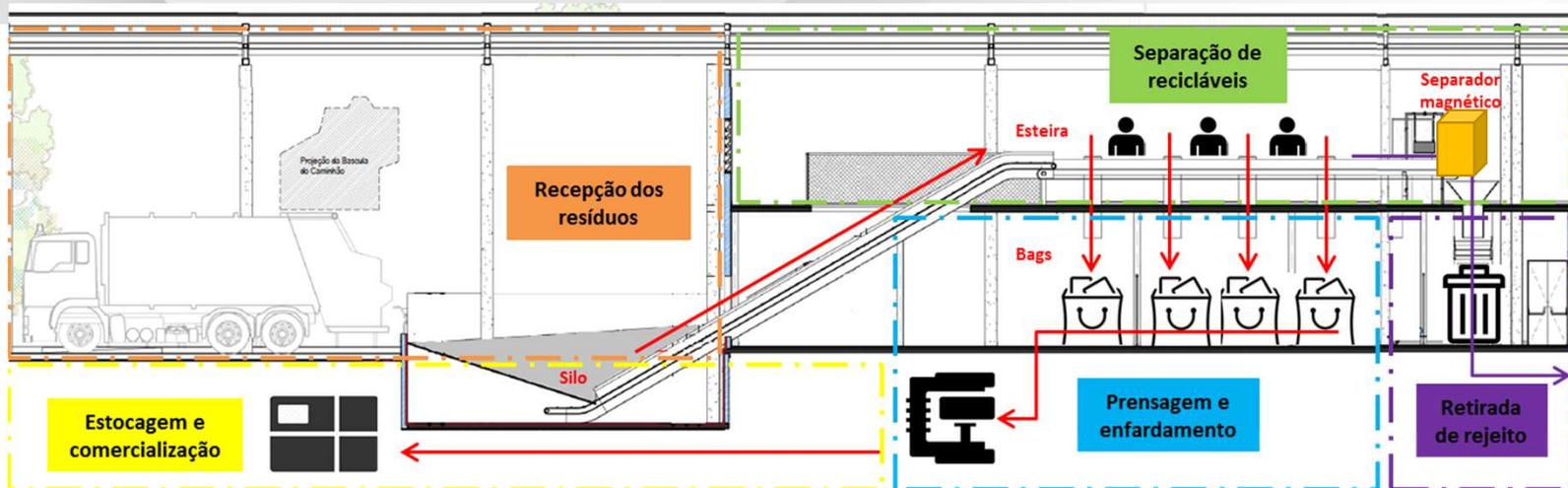
# Processo de Trabalho nas IRR



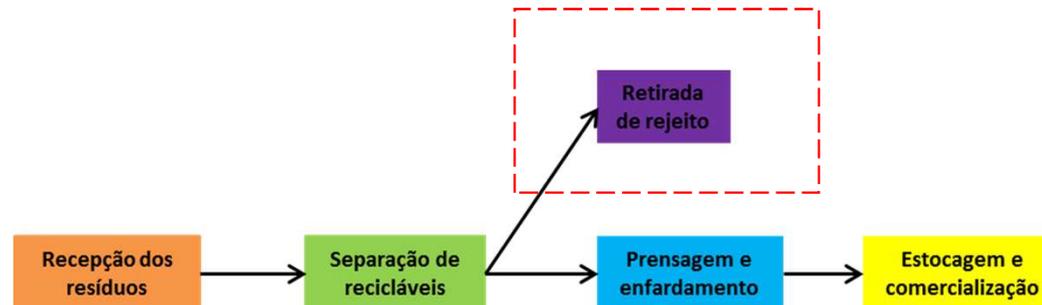
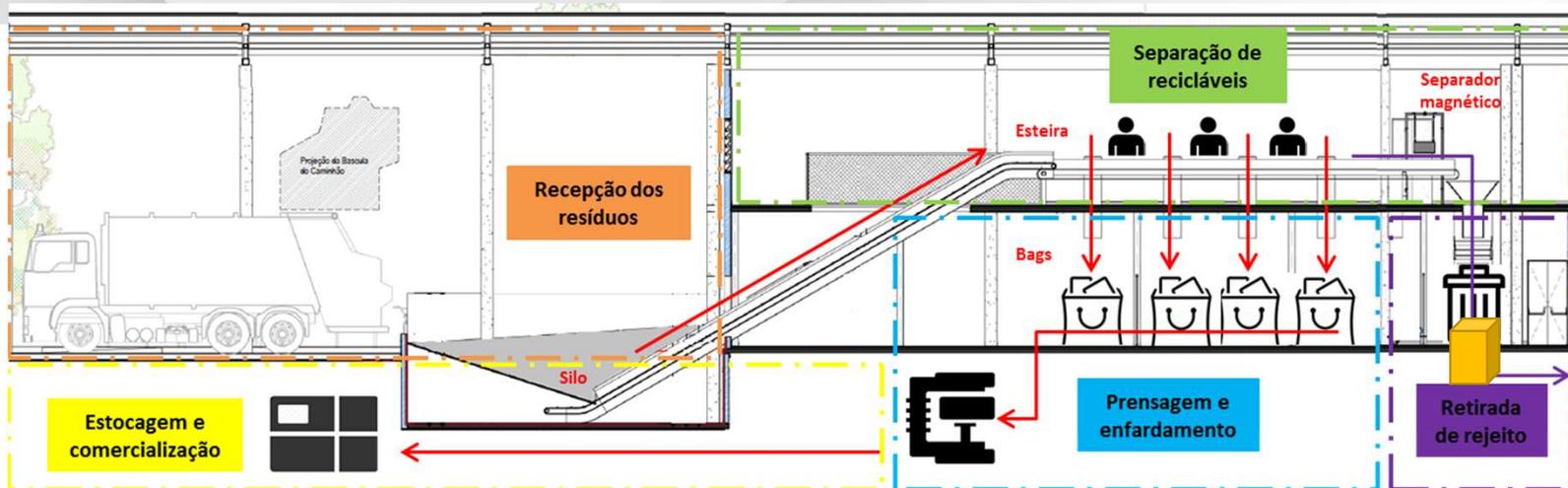
# Processo de Trabalho nas IRR



# Processo de Trabalho nas IRR



# Processo de Trabalho nas IRR



# Incremento na Reciclagem com UTM

## Baixa eficiência

Processos manuais, pouca tecnologia e baixa qualificação profissional

## Disponibilidade de fardos

Cooperativas dependem de modelos ineficientes como coleta seletiva manual

## Falta de formalização

Baixo nível de formalização e padronização entre cooperativas



Altos preços



Modelos de baixo volume



Informalidade (sem NF)



Logística ruim na entrega



Alto custo de coleta



Varição de material

STANDARDS



Baixo volume por fornecedor



Dependência governamental



Sem comprometimento de longo prazo



Espanha

**95 UTM em 2017**

~23 milhões de ton de lixo por ano

~47 milhões de habitantes

**20 UTM implementadas em 20 anos**



Brasil

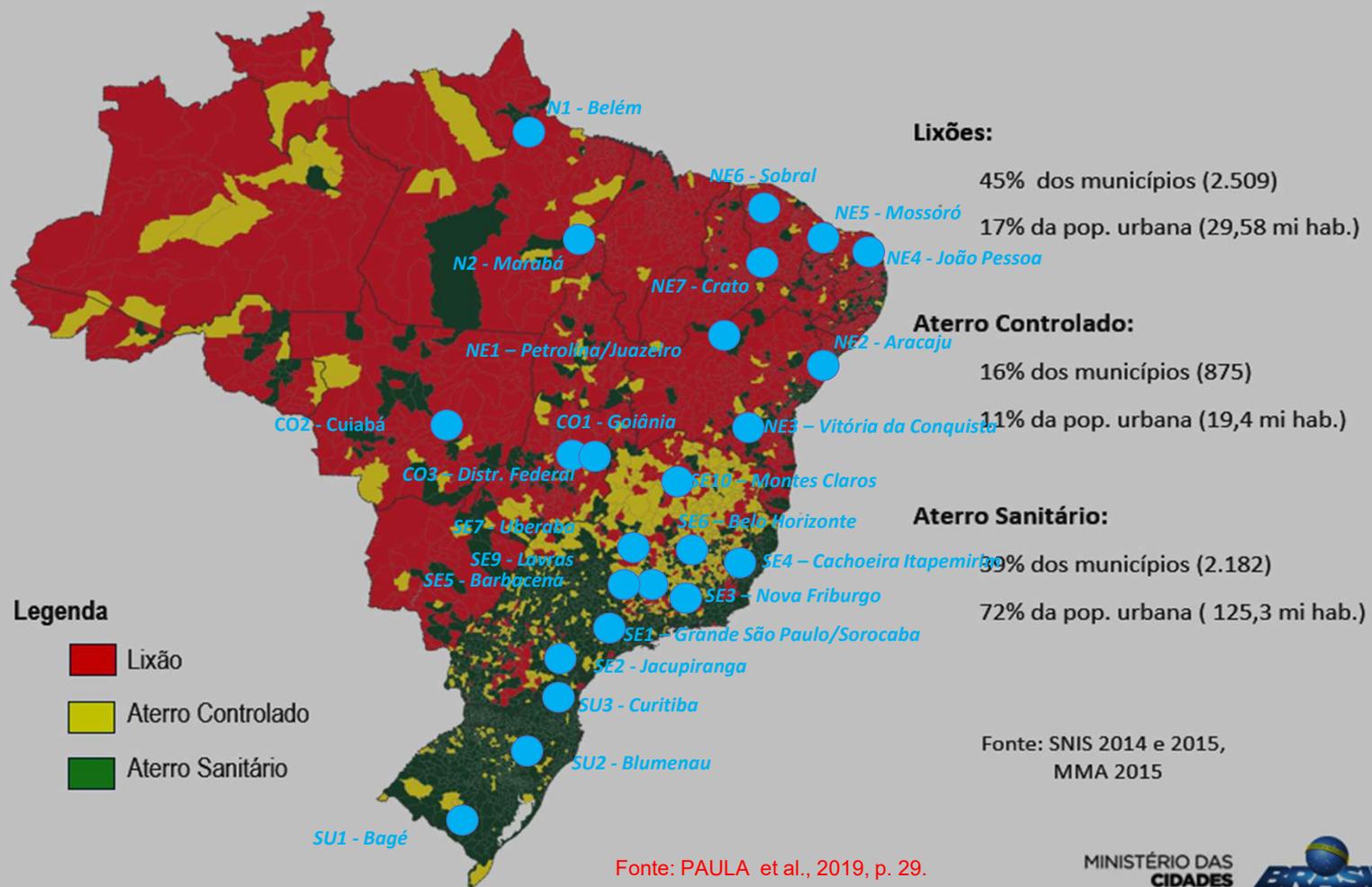
**2 UTM em 2022**

~80 milhões de ton de lixo por ano

~210 milhões de habitantes

# CDR (Combustível Derivado de Resíduos)

## DIAGNÓSTICO RSU NO BRASIL – DISPOSIÇÃO FINAL



Fonte: PAULA et al., 2019, p. 29.

MINISTÉRIO DAS  
CIDADES



## CDR - Parte da solução para o RSU no Brasil?

### Condicionantes:

- Fáb. Cimento Raio 200Km
- Disp. Resíduos > 60kt/ano

### Potencial:

- 25 locais potenciais
- 50% em áreas de lixões

### Consumo Potencial CDR:

- 4,0 Mt/a
- RSU: 10,0 Mt/ano

### Impactos do Uso CDR:

- ↓ Coque Petróleo: -2,5 Mt/ano
- ↓ Emissões CO2: -7,0 Mt/ano

# Potencial Geração de **CDR** no DF

## Fase 1. Rejeito da Triagem – 2%

Alto PCI, Baixo Volume (de 50 a 200 ton/dia)

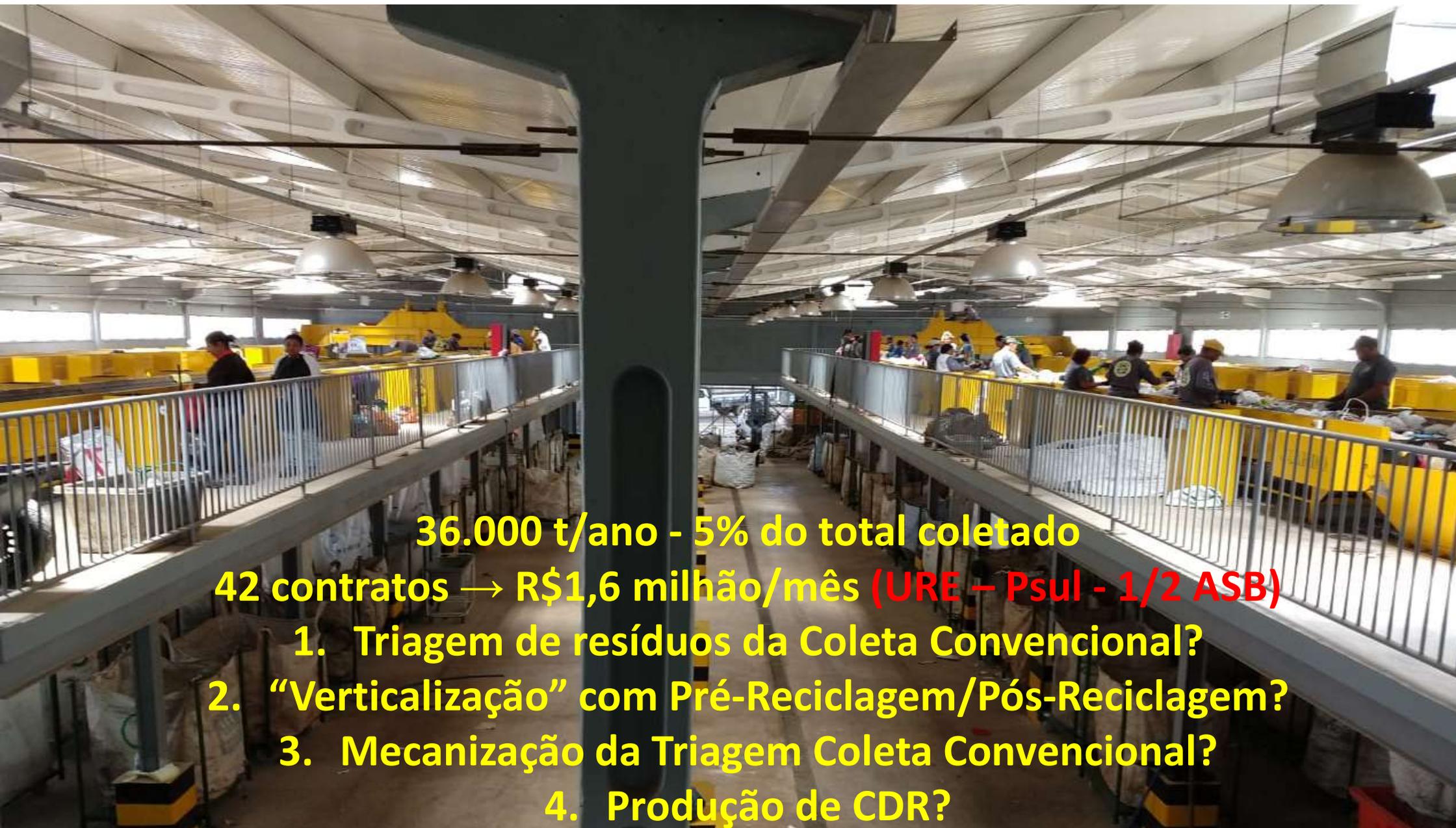
## Fase 2. Rejeito da Compostagem – 17%

Baixo PCI, Alto Volume (de 500 a 1000 ton/dia)

## Fase 3. Rejeito dos Transbordos – 7%

Médio PCI, Médio Volume (de 200 a 400 ton/dia)

**TOTAL = 750 a 1600 ton/dia (26%)**



**36.000 t/ano - 5% do total coletado**

**42 contratos → R\$1,6 milhão/mês (URE – Psul - 1/2 ASB)**

- 1. Triagem de resíduos da Coleta Convencional?**
- 2. “Verticalização” com Pré-Reciclagem/Pós-Reciclagem?**
- 3. Mecanização da Triagem Coleta Convencional?**
- 4. Produção de CDR?**



**DÚVIDAS?**

**Eu tenho muitas...**

**Obrigado**

*Paulo Celso dos Reis Gomes*

*Diretor da Faculdade de Tecnologia - UnB*