



©2021 Todos os direitos reservados. É permitida a reprodução de dados e de informações contidas nesta publicação, desde que não sejam usados para fins comerciais e que a fonte seja citada. As imagens não podem ser reproduzidas sem expressa autorização escrita dos detentores dos respectivos direitos autorais. Caso a proposta da presente Manifestação de Interesse seja total ou parcialmente selecionada, estes direitos reservados, parcialmente ou totalmente, passarão de forma irrevogável, irretratável e incondicional à Prefeitura Municipal de Lauro de Freitas nos termos previstos na Manifestação de Interesse (MIP) n. 01/2021 e na Lei Municipal 1525/2014.

# SUMÁRIO

1.	9				
2.	9				
2.1		TRANSFORMAR LAURO DE FREITAS EM EXEMPLO AMBIENTAL PARA O BRASIL	9		
3.	13				
3.1		DEFINIÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	15		
3.2		GERAÇÃO DO RSU	19		
3.3		COLETA DE RSU	21		
3.4		DESTINAÇÃO DE RSU	34		
3.5		COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA DOS RSU	34		
4.	35				
4.1		TECNOLOGIAS VOLTADAS À GESTÃO DO RSU	36		
4.2		TIPOS DE COMBUSTÍVEIS NA RECUPERAÇÃO ENERGÉTICA	55		
4.3		PRODUTOS ADVINDOS DA RECUPERAÇÃO ENERGÉTICA	57		
5.	64				
5.1		PANORAMA MUNDIAL	66		
5.2		O PANORAMA NACIONAL DA RECUPERAÇÃO ENERGÉTICA NA GESTÃO DO RSU	74		
5.4		FATORES ENVOLVIDOS NA RECUPERAÇÃO ENERGÉTICA NA GESTÃO DO RSU	81		
5.5		QUADRO REGULATÓRIO BRASILEIRO PARA RECUPERAÇÃO ENERGÉTICA DE RESÍDUOS	87		
5.6		BENEFÍCIOS E DESAFIOS DA RECUPERAÇÃO ENERGÉTICA NA GESTÃO DO RSU	89		
				5.7 OS DESAFIOS À ADOÇÃO DE PLANTAS WTE SERIAM:	92
				<b>6. INFRAESTRUTURA</b>	<b>94</b>
				6.1 INFRAESTRUTURA ATUAL DE LAURO DE FREITAS	94
				6.2 INFRAESTRUTURA EXISTENTE PARA DISPOSIÇÃO DO RSU	97
				6.3 HISTÓRIA DE LAURO DE FREITAS	109
				7.	115
				7.1 SOLUÇÃO ADOTADA	117
				7.2 COMPARATIVOS ENTRE TECNOLOGIAS EXISTENTES	117
				7.3 MODELAGEM OPERACIONAL	119
				7.4 PLANTA DE BENEFICIAMENTO DE CDR	125
				7.5 PLANTA DE GASEIFICAÇÃO	130
				7.6 PLANTA DE GERAÇÃO DE ENERGIA E TRATAMENTO DE ÁGUA	138
				7.7 EMISSÕES	142
				7.8 FLUXOGRAMA	152
				7.9 BALANÇO DE MASSA	154
				7.10 RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÕES E RESÍDUOS VERDES	154
				7.11 RESÍDUOS SÓLIDOS DA SAÚDE	155
				7.12 ÁREAS E LAYOUT	155
				7.13 PROJETO DE ENGENHARIA	160

<b>8.0</b>	166		<b>8.20 CUSTO POR TONELADA</b>	181
<b>8.1 BASE DE DADOS</b>	164		<b>8.21 METODOLOGIA DE CÁLCULO DA CONTRAPRESTAÇÃO PÚBLICA E CRITÉRIO DE ADJUDICAÇÃO</b>	181
<b>8.2 VIABILIDADE TÉCNICA</b>	166		<b>8.22 CAPM, CONTRAPRESTAÇÃO MÁXIMA E TIR</b>	181
<b>8.3 MATERIAIS NÃO TRANSFORMADOS EM COMBUSTÍVEL</b>	167		<b>8.23 VALOR DA TAXA ANUAL LIVRE DE RISCO (RF) PARA LONGO PRAZO</b>	183
<b>8.4 DESENVOLVIMENTO DA METODOLOGIA</b>	167		<b>8.24 VALOR DA TAXA REFERENCIAL DE RENDIMENTO DE MERCADO (ERM)</b>	184
<b>8.5 DEFINIÇÃO DE VIDA ÚTIL EFETIVA</b>	169		<b>8.25 CÁLCULO DO CAPM E CONTEXTUALIZAÇÃO DO RESULTADO</b>	187
<b>8.6 INVESTIMENTO INICIAL (CAPEX)</b>	169		<b>8.26 TIR X CAPM</b>	187
<b>8.7 CUSTO ANUAL DE MANUTENÇÃO E OPERAÇÃO (OPEX)</b>	171		<b>8.27 ANÁLISE VALUE FOR MONEY</b>	187
<b>8.8 VALOR ANUAL DO SUBPRODUTO</b>	172		<b>8.28 ANÁLISE QUALITATIVA</b>	188
<b>8.9 REVERSÃO DE BENS E VALOR RESIDUAL</b>	173		<b>8.29 ANÁLISE QUANTITATIVA</b>	189
<b>8.10 VALOR ANUAL DE ENERGIA</b>	173		<b>8.30 OPÇÃO DE CONTRATAÇÃO VIA PPP – LEI 11.079/04</b>	190
<b>8.11 TAXAS E TRIBUTOS</b>	173		<b>8.31 SÍNTESE - REFERÊNCIAS DO PROJETO</b>	191
<b>8.12 PROJEÇÃO DE RECEITAS</b>	174		<b>9. JURÍDICO</b>	193
<b>8.13 DEMONSTRATIVO DE RESULTADOS - PROJEÇÃO</b>	174		<b>9.1 ANÁLISE JURÍDICO INSTITUCIONAL</b>	193
<b>8.14 PLANO DE NEGÓCIOS REFERENCIAL</b>	178		<b>9.2 COMPETÊNCIA MUNICIPAL PARA SERVIÇOS DE DESTINAÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS</b>	194
<b>8.15 ANÁLISE E PROJEÇÃO DE RECEITA</b>	178		<b>9.3 A PRESTAÇÃO REGIONALIZADA DE SERVIÇOS DE SANEAMENTO</b>	195
<b>8.16 MODELO DE REMUNERAÇÃO DO CONCESSIONÁRIO</b>	178		<b>9.4 MODALIDADES CONTRATUAIS APLICÁVEIS À DELEGAÇÃO DOS SERVIÇOS</b>	197
<b>8.17 PARÂMETRO PARA AFERIÇÃO DO EQUILÍBRIO ECONÔMICO FINANCEIRO</b>	179		<b>9.5 PARCERIAS PÚBLICO-PRIVADAS</b>	200
<b>8.18 FLUXO DE CAIXA MARGINAL</b>	179			
<b>8.19 CÁLCULO DA CONTRAPRESTAÇÃO PÚBLICA E CRITÉRIO DE ADJUDICAÇÃO</b>	180			

9.6 ADEQUAÇÃO DOS OBJETIVOS PRETENDIDOS PELO MUNICÍPIO À FORMATAÇÃO JURÍDICA DA PPP 205	
9.7 ESTRUTURAÇÃO DO PROCESSO LICITATÓRIO E FORMA DE SELEÇÃO DA PROPOSTA MAIS VANTAJOSA	207
9.8 HABILITAÇÃO	210
9.9 METODOLOGIA DE EXECUÇÃO	211
9.10 PROPOSTA ECONÔMICA	211
9.11 PROCEDIMENTO E JULGAMENTO	211
9.12 ADJUDICAÇÃO E HOMOLOGAÇÃO	212
9.13 SOCIEDADE DE PROPÓSITO ESPECÍFICO (SPE)	212
9.14 CONTRATAÇÃO DE TERCEIROS	213
9.15 PEDIDOS DE ESCLARECIMENTOS	213
9.16 AJUSTES NORMATIVOS EM SE TRATANDO DE DELEGAÇÃO POR INTERMÉDIO DE CONSÓRCIO PÚBLICO	213
9.17 VIABILIDADE TÉCNICA, OPERACIONAL E ECONÔMICO FINANCEIRA	215
9.18 SISTEMÁTICA DE GARANTIAS	215
9.19 EQUILÍBRIO ECONÔMICO-FINANCEIRO E ALOCAÇÃO DE RISCOS	216
10.	226
11. DIRETRIZES AMBIENTAIS	
12. DEMAIS OBRIGAÇÕES	
13. CONCLUSÃO DO TRABALHO	238

14. REFERÊNCIAS	241
15. Erro! Indicador não definido.	
16. LISTA DE FIGURAS	245
17. Erro! Indicador não definido.	
17.1	261

# INTRODUÇÃO

## 1. APRESENTAÇÃO DO PROJETO

O presente documento foi elaborado a partir da Manifestação de Interesse (MIP) n. 01/2021, após autorização do Comitê Gestor de Parcerias Público Privadas do Município de Lauro de Freitas e assinatura do termo de compromisso, para que as empresas BAUER ENGENHARIA EIRELI ME e DFG CONSTRUÇÕES EIRELI apresentassem **ESTUDOS OBJETIVANDO FORNECER SUBSÍDIOS PARA EVENTUAL PARCERIA PÚBLICO-PRIVADA, NA FORMA DE CONCESSÃO ADMINISTRATIVA OU OUTRA ALTERNATIVA LEGALMENTE VIÁVEL, PARA O SERVIÇO DE DESTINAÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES, DOS SERVIÇOS DE SAÚDE, DA CONSTRUÇÃO CIVIL e DEMOLIÇÃO, PODA e CAPINA**, do Município de Lauro de Freitas, Estado da Bahia.

O objetivo deste estudo é viabilizar a escolha de solução tecnológica para redução térmica e destinação final de resíduos sólidos urbanos (RSU) pela Prefeitura Municipal de Lauro de Freitas-BA, considerando a geração de resíduos e o porte do Município.

A data-base do presente estudo é outubro de 2021, com atualizações realizadas em dezembro de 2023.

Profissionais envolvidos no estudo:

Everton Fabian Bauer – Gerente de Projetos – CREA/SC 0513431

Damaris de Souza Gama – Engº Civil - CREA/BA 0519966759

João Florêncio Rocha Neto – Engº Sanitarista e Ambiental – CREA/BA 0519605896

José Antônio Lopes Barbosa – Engº Civil – CREA/BA 0500441189

Ricardo Santos Silva Rocha – Engº Eletricista - CREA/BA 0509738834

Edmundo Pereira Loureiro Neto, OAB/BA 35099

Jonilton Carmo Santana – Economista

## 2. OBJETIVO

- 
- 2.1 TRANSFORMAR LAURO DE FREITAS EM EXEMPLO AMBIENTAL PARA O BRASIL

A geração e a gestão dos resíduos sólidos são temas preocupantes e desafiadores, discutidos globalmente, devido ao grande impacto causado ao meio ambiente e à saúde pública.

O acelerado adensamento populacional nos centros urbanos tem ocasionado o aumento exponencial dos resíduos gerados, exigindo dos entes federados o planejamento e desenvolvimento de políticas públicas, bem como de programas governamentais de incentivo à execução de obras e serviços relacionados ao manejo dos resíduos.

Muito embora a Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos, tenha trazido significativos avanços, muitos municípios esbarram na ausência de capacidade técnica e disponibilidade de recursos financeiros para a implementação e atendimento das diretrizes federais.

A restrição orçamentária nas esferas federal, estadual e municipal, reduz a capacidade de investimento público, surgindo a necessidade de se conjugar os interesses público e privado no mercado de manejo de resíduos sólidos.

Nesse cenário, a BAUER ENGENHARIA EIRELI ME e DFG CONSTRUÇÕES EIRELI deram início aos presentes estudos, em conformidade com a Política Nacional de Saneamento Básico e a Política Nacional de Resíduos Sólidos, com o objetivo de identificar o melhor modelo de gestão operacional dos resíduos para o Município de Lauro de Freitas, cujo porte dispensa a necessidade de formação de consórcio municipal para a implantação da solução escolhida.

A literatura enumera diversos modelos de negócio para o tratamento e deposição final de resíduos sólidos urbanos, dentre os quais destacam-se:

- ☐ Aterro Sanitário;
- ☐ Incineração;
- ☐ Pirólise;
- ☐ Gaseificação;

Atualmente, a prefeitura de Lauro de Freitas faz a coleta do RSU e o encaminha para o Aterro Metropolitano Centro (AMC), administrado pela empresa BATTRE – Bahia Transferência e Tratamento de Resíduos Ltda, local onde ocorre a triagem, controle e tratamento dos resíduos e seus subprodutos como chorume.

O aterro, inaugurado em 1993, tem vida útil prevista para o ano de 2026 e recebe diariamente 2,5 mil toneladas de RSU oriundos de Salvador, Simões Filho e Lauro de Freitas, das quais 220 toneladas são provenientes de Lauro de Freitas.

As operações de coleta e destinação são custeadas com recursos próprios, provenientes da taxa do lixo instituída pela Lei Municipal n. 1.572/2015 em consonância com os artigos 183 e 184 do Código Tributário Municipal.

O principal desafio do gestor municipal no modelo Aterro Sanitário é conseguir garantir que o RSU seja tratado e depositado em local ecologicamente correto.

Cumprir registrar que as restrições ambientais acabam por distanciar os aterros do local de origem da geração dos resíduos, encarecendo a operação logística ao ponto de inviabilizar economicamente o projeto.

Para além destes fatos, o aterro sanitário, por si só, não atende à normativa legal aplicável ao tratamento do RSU, no tocante aos seguintes objetivos:

- ☐ Não geração;
- ☐ Redução;
- ☐ Reutilização;
- ☐ Reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos;
- ☐ Disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

Diante disso, mostra-se urgente o enfrentamento da problemática em torno do manejo inadequado dos resíduos sólidos para garantir o desenvolvimento ambientalmente sustentável da cidade.



Para garantir a gestão adequada e eficiente dos resíduos sólidos urbanos e ter como resultado uma cidade moderna, a Prefeitura poderia adotar algumas alternativas:

- ☐ Financiamento bancário para custear o investimento necessário;
- ☐ Redirecionamento de orçamento de outras áreas para o tratamento do lixo;
- ☐ Incremento no valor da contribuição por parte do cidadão, repercutindo no aumento da inflação.

Ocorre que as opções acima geram o desbalanceamento das contas públicas municipais, emergindo daí a possibilidade de concessão pelo Poder Público à iniciativa privada dos serviços públicos de tratamento e deposição final dos RSU.

No modelo de negócios utilizando a Parceria Público Privada (PPP), o setor público, através de concessão administrativa por período determinado<sup>1</sup>, transfere para o setor privado a responsabilidade em tratar e dar destinação final ao resíduo. As vantagens para adoção deste modelo são:

- ☐ Transferir todos os serviços de deposição final para um único parceiro/consórcio privado;
- ☐ Incentivo natural do parceiro privado em adotar tecnologia com alta qualidade e ecologicamente correta;
- ☐ Definição clara de parâmetros de desempenho e penalidades em caso de não cumprimento;
- ☐ Possibilidade do parceiro privado tomar dinheiro no mercado financeiro para realizar implantação de solução de alta tecnologia, sem onerar as contas municipais.

<sup>1</sup> Art. 5º [...] I – o prazo de vigência do contrato, compatível com a amortização dos investimentos realizados, não inferior a 5 (cinco), nem superior a 35 (trinta e cinco) anos, incluindo eventual prorrogação;

Importante ressaltar, ainda, que na contratação de parceria público-privada serão observadas as seguintes diretrizes (art. 4º da Lei 11.079/2004):

- I – Eficiência no cumprimento das missões de Estado e no emprego dos recursos da sociedade;
- II – Respeito aos interesses e direitos dos destinatários dos serviços e dos entes privados incumbidos da sua execução;
- III – Indelegabilidade das funções de regulação, jurisdicional, do exercício do poder de polícia e de outras atividades exclusivas do Estado;
- IV – Responsabilidade fiscal na celebração e execução das parcerias;
- V – Transparência dos procedimentos e das decisões;
- VI – Repartição objetiva de riscos entre as partes;
- VII – Sustentabilidade financeira e vantagens socioeconômicas dos projetos de parceria.

As diretrizes visam gerar, em longo prazo, tanto qualidade dos serviços quanto vantagens socioeconômicas.

Pelo exposto, a prestação especializada dos serviços de manejo de resíduos sólidos implicará na otimização de recursos, inovação tecnológica, respeito ao Meio Ambiente e à Saúde Pública, segurança técnica, segurança jurídica, sustentabilidade, além de inúmeras vantagens sócio-econômicas.

Digno de nota que as empresas privadas são naturalmente mais dispostas a aceitar retornos em longo prazo, suportar riscos operacionais e utilizar o conceito de alavancagem financeira para financiar os investimentos necessários, sem comprometer o fluxo financeiro da arrecadação do município.

Nesse cenário, observa-se que o formato PPP (parceria público-privada) é o mais indicado, pois permite o alinhamento entre os interesses do Poder Público, da iniciativa privada e da população, uma vez que a remuneração da empresa é condicionada à qualidade dos serviços prestados, beneficiando diretamente a população e permitindo ao Poder Público focar na fiscalização do sistema.

Os principais benefícios advindos do modelo proposto estão destacados ao lado:



Figura 01. Benefícios da Parceria Público Privada

O presente estudo traçou um plano para implantação eficiente de unidade industrial de tratamento térmico de resíduos sólidos, com redução de volume de massa e geração de energia elétrica em 18 (dezoito) meses.

A Bauer Engenharia e DFG Construções acreditam que a modernização no manejo dos resíduos sólidos implicará na economia de R\$ 10.000.000,00 (dez milhões de reais) por ano, com a redução de vetores de doenças, a descontinuação do depósito incorreto de RSU, além do incremento de receita com a recuperação energética advinda do tratamento dos RSU.

Por fim, ressaltamos que a parceria entre os setores público e privado deve ser tratada com extrema diligência, para que os compromissos firmados sejam devidamente cumpridos durante o prazo da concessão.

O estudo ora apresentado demonstra cabalmente que o projeto é capaz de ser implantado no prazo de 18 meses, sem necessidade de aporte financeiro pelo Município, gerando receita, energia limpa, emprego e renda.

Os benefícios gerados por este projeto serão perceptíveis pela sociedade, trazendo maior qualidade de vida para os munícipes, eliminando vetores de doenças e poluição, gerando emprego e renda, além de inserir Lauro de Freitas no rol dos municípios mais sustentáveis do Brasil.

- 3. INTRODUÇÃO AO RESÍDUO SÓLIDO

É urgente a necessidade de reavaliação das políticas e práticas públicas vinculadas à geração e gestão dos resíduos sólidos em razão dos impactos ambientais e de saúde pública em nível global.

Com o final da segunda guerra mundial e o fortalecimento dos sentimentos antagônicos de fatalismo (de que a qualquer momento tudo poderia mudar) e do anseio por aproveitar a oportunidade de estar vivo, houve o aumento do consumo pela população.

O consumismo exacerbado e a introdução do conceito do “descartável” causaram o aumento exponencial na geração de resíduos, com impactos negativos devastadores nos países europeus, cuja densidade populacional é altíssima e a área disponível para a destinação final dos RSU é mínima.

Nesse cenário, a Europa iniciou um movimento cujo foco era encontrar soluções para o descarte de resíduos. Diversas soluções foram e ainda têm sido desenvolvidas, com maior ou menor eficiência e diferentes subprodutos resultantes.

Atualmente, em países como Áustria, Alemanha, Suécia, Bélgica, Dinamarca, Suíça, Singapura e Japão, percebe-se o reaproveitamento de grande parte dos resíduos gerados.

Enquanto no Brasil, o RSU representa um problema ambiental e de saúde pública, na Europa e Ásia, os resíduos são a matéria prima para produção de combustível derivado, biofertilizante e adubo, bem como fonte para geração de energia limpa e renovável.

Apesar da legislação nacional vigente, poucas são as cidades que contam com coleta seletiva e, mesmo nas cidades que contam com o serviço, apenas pequena parte da população é alcançada, sendo comum lixões a céu aberto, aterros fora das especificações de segurança ambiental e até mesmo caminhões efetuando o descarte de materiais em áreas não autorizadas ou mesmo protegidas.

Portanto, faz-se necessária a tomada de decisões voltadas ao desenvolvimento de uma gestão sustentável e integrada de resíduos, com a adoção de reciclagem mecanizada, biodigestão anaeróbica e tratamento térmico de resíduos, estimulando o ambiente de negócio com a monetização do potencial energético dos RSU.

### ○ 3.1 DEFINIÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

#### 3.1.1 DEFINIÇÃO

Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) são aqueles originários de atividades domésticas em residências urbanas (resíduos domiciliares) e os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana (resíduos de limpeza urbana). (SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE A GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS - SINIR, 2021)

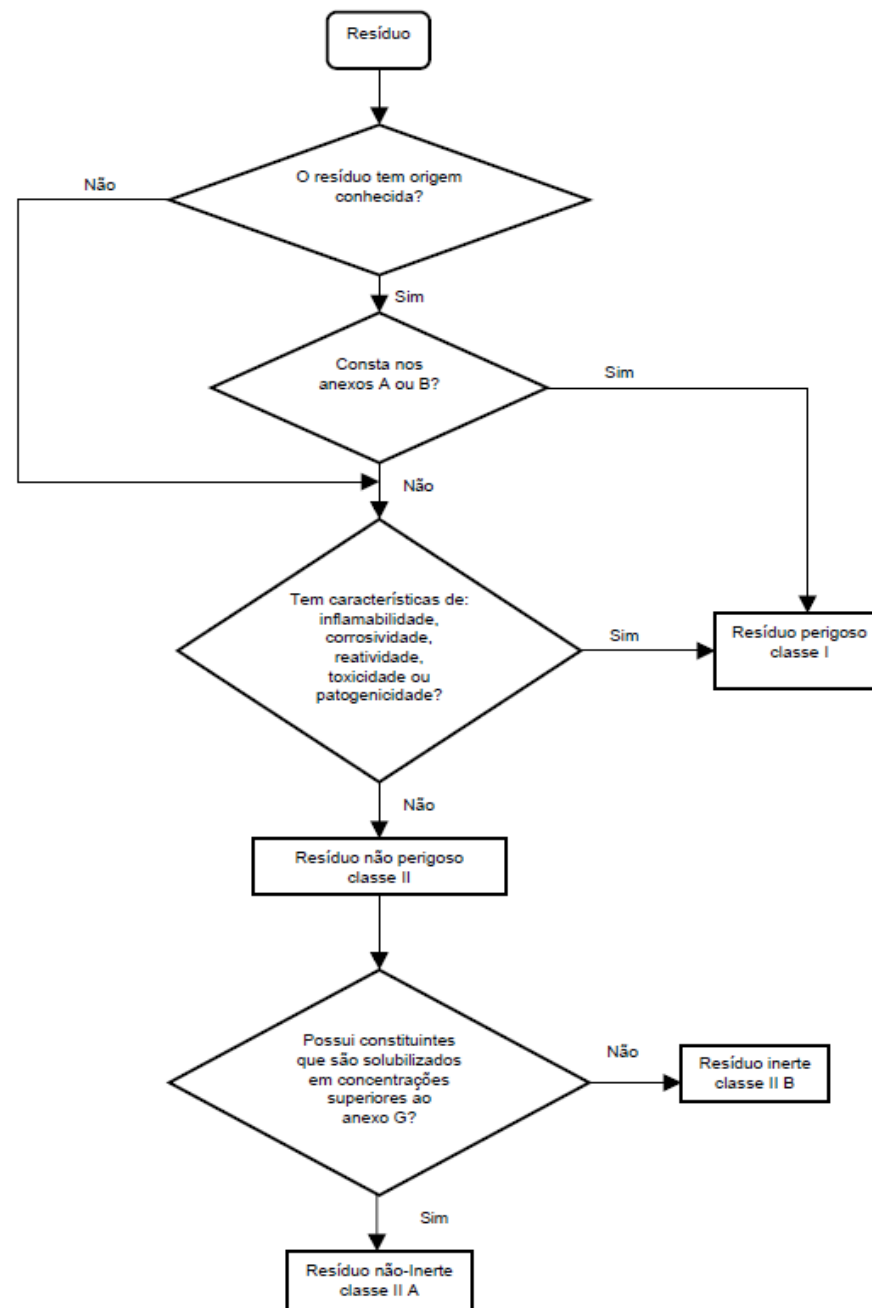
A Lei n. 14.026/2020 (Novo Marco Legal do Saneamento), que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, em seu art.3º diz que os resíduos originários de atividades comerciais, industriais e de serviços cuja responsabilidade pelo manejo não seja atribuída ao gerador pode, por decisão do poder público, ser considerado resíduo sólido urbano. (SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE A GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS - SINIR, 2021)

Os resíduos sólidos são definidos como sendo aqueles encontrados nos estados sólido e semissólido que resultam de atividades da sociedade das seguintes origens: industrial, doméstica, comercial, hospitalar, agrícola, de serviços e de varrição. Qualquer lodo de sistema de tratamento de água, controle de poluição estão excluídos desta definição. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT NBR 10004, 2004).

No Brasil, o resíduo sólido é popularmente chamado de “lixo” e equivale ao resíduo bruto, proveniente de qualquer fonte e descartado sem critério algum. Não há separação de lixo reciclável e não-reciclável, de material orgânico do inorgânico, ocasionando em mau cheiro e as vezes contaminando toda a região. Dessa forma, a grande maioria dos municípios brasileiros não dispõe de um tratamento adequado para o lixo.

Resíduos são diferentes de rejeitos. Estes últimos não têm possibilidade economicamente viável de tratamento e recuperação. Por isso, devem receber uma disposição final ambientalmente adequada.

Figura 02. Diagrama Resíduos Sólidos



Fonte: ABNT-NBR10004:2004

### 3.1.2 CLASSIFICAÇÃO

Conforme a PNRS, os resíduos sólidos têm a seguinte classificação:

#### 3.1.2.1 QUANTO À ORIGEM:

- RESÍDUOS DOMICILIARES:** são definidos como os **originários de atividades domésticas em residências urbanas**. O crescimento acelerado e desordenado das cidades brasileiras, associado ao consumo, em larga escala, de produtos industrializados e descartáveis, tem causado um aumento excessivo na quantidade de resíduos sólidos domiciliares das áreas urbanas e rurais. Segundo a ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (Panorama 2021), a geração de resíduos sólidos urbanos em 2020 foi de **82,5 milhões de toneladas**, que perfazem o **indicador médio de geração per capita brasileiro de 1,07 kg/hab.dia**;
- RESÍDUOS DE LIMPEZA URBANA:** Destaca-se que limpeza urbana é composta pelas atividades: I - de coleta, transbordo e transporte dos resíduos; II - de triagem, para fins de reuso ou reciclagem, de tratamento, inclusive por compostagem, e de disposição final dos resíduos; III - de varrição, capina e poda de árvores em vias e logradouros públicos e outros eventuais serviços pertinentes à limpeza pública urbana. Segundo a Política Nacional de Saneamento Básico – PNSB, também compõe a limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos a infraestrutura e as instalações operacionais de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada.
- RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS:** Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) são aqueles originários de atividades domésticas em residências urbanas (resíduos domiciliares) e os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços

de limpeza urbana (resíduos de limpeza urbana). A Lei nº 14.026/2020 (Novo Marco Legal do Saneamento), que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, em seu art. 3º-C diz que os resíduos originários de atividades comerciais, industriais e de serviços cuja responsabilidade pelo manejo não seja atribuída ao gerador pode, por decisão do poder público, ser considerado resíduo sólido urbano.

- **RESÍDUOS DE ESTABELECIMENTOS COMERCIAIS E PRESTADORES DE SERVIÇOS:** Os Resíduos de Estabelecimentos Comerciais e Prestadores de Serviços são os resíduos gerados nos estabelecimentos comerciais e de prestação de serviços, que mesmo caracterizados como não perigosos, por sua natureza, composição ou volume, não sejam equiparados aos resíduos domiciliares pelo poder público municipal. NÃO estão nesta classificação, pois tem as suas próprias:
  - a) Resíduos originários da varrição, limpeza de drenagens, logradouros e vias públicas. (RESÍDUOS DE LIMPEZA URBANA)
  - b) Gerados nas atividades dos sistemas de abastecimento de água potável e de esgotamento sanitário. (RESÍDUOS DOS SERVIÇOS PÚBLICOS DE SANEAMENTO BÁSICO)
  - c) Gerados nos serviços de saúde. (RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE)
  - d) Oriundos das construções, reformas, reparos e demolições, incluindo os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis. (RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL)
  - e) Originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários e passagens de fronteira” (RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE TRANSPORTES)

Os estabelecimentos comerciais e de prestação de serviços que se enquadram nesta classificação devem estar identificados no Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos uma vez que estão sujeitos também à elaboração de Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos. O plano de gerenciamento de resíduos sólidos dos estabelecimentos

comerciais e de prestação de serviços deve conter, dentre outras informações, dados de geração, coleta, transporte, transbordo, tratamento e disposição final ambientalmente adequada dos seus rejeitos.

- **RESÍDUOS DOS SERVIÇOS PÚBLICOS DE SANEAMENTO BÁSICO:** Os Resíduos dos Serviços de Saneamento Básico (RSB) são todos aqueles originados no abastecimento de água potável, no esgotamento sanitário e na drenagem e manejo das águas pluviais. Alguns desses resíduos, como os lodos, podem apresentar grande potencial de poluição e contaminação dos recursos naturais, caso não sejam gerenciados da forma correta.
- **RESÍDUOS INDUSTRIAIS:** oriundos dos rejeitos dos processos industriais e cuja responsabilidade de disposição é do gerador dos resíduos, isto é, as indústrias são responsáveis pelo descarte de seus resíduos (GRIPP, 1998). Sujeitos à elaboração de plano de gerenciamento de resíduos sólidos industriais que passa a ser integrante do processo de licenciamento ambiental (art. 24, Lei n. 12.305/2010), e, no que couber, implementar sistema de logística reversa.
- **RESÍDUOS DOS SERVIÇOS DE SAÚDE:** Os resíduos de serviços de saúde (RSS) são definidos como os gerados nos serviços de saúde conforme definido em regulamento ou em normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama e do SNVS. RSS são aqueles resultantes de atividades exercidas em estabelecimentos que prestam serviços de saúde e que, por suas características, geram resíduos que necessitam de processos específicos de gerenciamento, que podem, ou não, exigir tratamento prévio à sua disposição final.

Parte desse descarte não representa ameaça especial à saúde ou ao meio ambiente – como sobras de alimentos ou resíduos das áreas administrativas. Mas alguns tipos

envolvem alto risco, por conter agentes biológicos infecciosos (lâminas de laboratório, bolsas de transfusão de sangue, medicamentos), componentes potencialmente inflamáveis, corrosivos ou tóxicos (reagentes, resíduos com metais pesados), materiais radioativos (como os utilizados em radioterapia) e cortantes (agulhas, lâminas de bisturi, ampolas de vidro).

Mesmo os municípios que executaram esses serviços, mais de um terço (36,2%) deu destinação inadequada aos resíduos, levando-os sem tratamento prévio a lixões, aterros, valas sépticas etc.

É importante destacar que a legislação estabelece que certas classes de RSS devem ser tratadas antes de sua disposição final. Não direcionar esses materiais a unidades de tratamento contraria as normas vigentes e impõe riscos diretos aos trabalhadores, à saúde pública e ao meio ambiente. Quanto à destinação propriamente dita, 36% dos municípios ainda destinaram o RSS sem nenhum tratamento prévio, contrariando as normas vigentes e colocando em risco a saúde da população.

- **RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL:** Segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei Federal nº 12.305/2010), os resíduos da construção civil são “aqueles gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis”. São resíduos difíceis de se degradar ou não degradáveis, o que os tornam diferenciados dos RSU no quesito de disposição em solo, pois tendem a não ter volume diminuído com o decurso do tempo, esgotando o espaço de disposição com maior rapidez e privando outros usos após o encerramento das atividades.
- **RESÍDUOS AGROSSILVOPASTORIS:** Os resíduos agrossilvopastoris (RASP) são aqueles gerados nas atividades agropecuárias (ex.: palhada de milho, casca de arroz)

e silviculturais (ex.: serragem, maravalha, resíduos de serraria), incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades (como embalagens de fertilizantes e de agrotóxicos). Também são consideradas agrossilvopastoris os resíduos das agroindústrias associadas a estas atividades, como os das usinas de açúcar e álcool, indústrias de sucos, abatedouros e indústria de papel e celulose.

- **RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE TRANSPORTES:** Os resíduos de serviços de transporte são os originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários e passagens de fronteira.
- **RESÍDUOS DE MINERAÇÃO:** Os resíduos de mineração são aqueles gerados nas atividades de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios. São compostos basicamente pelos resíduos de extração dos minérios (chamados de estéril, sem valor econômico) e rejeitos minerais, resultantes do processo de beneficiamento, onde os minerais mais valorizados são separados dos minerais sem interesse comercial.

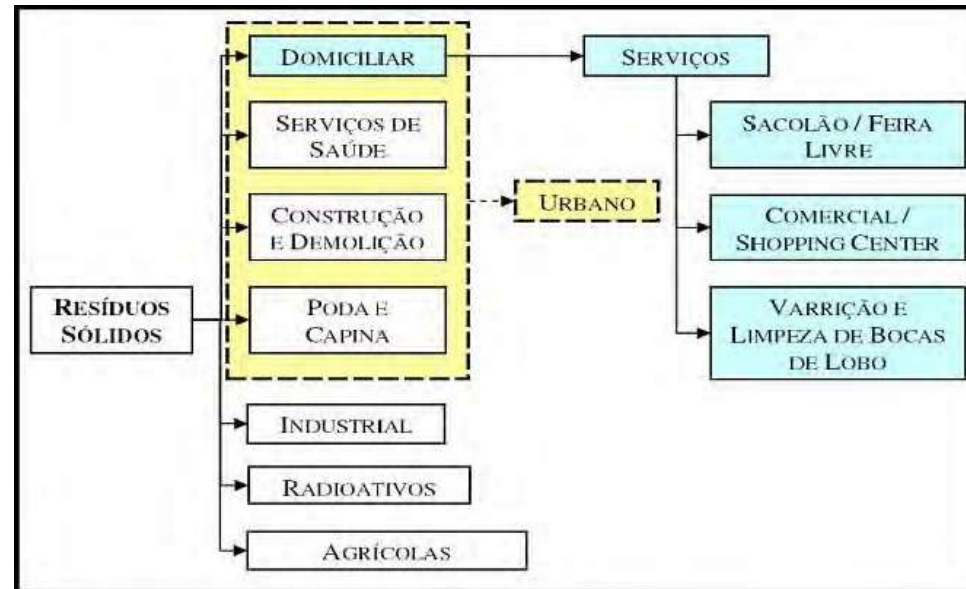
#### 3.1.2.2 QUANTO À PERICULOSIDADE:

- RESÍDUOS PERIGOSOS
- RESÍDUOS NÃO PERIGOSOS

A classificação de resíduos, portanto, envolve a identificação do processo ou atividade que lhes deu origem, bem como de seus constituintes e características.

De um modo geral, em função da atividade de origem os resíduos podem ser classificados em função da atividade de origem:

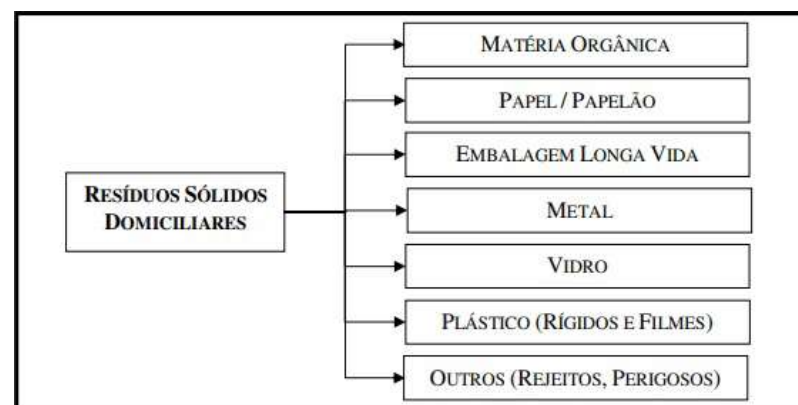
Figura 03. Classificação dos resíduos sólidos em função da atividade de origem



Fonte: Mattos, 2005

É possível ainda classificarmos resíduos sólidos urbanos através de seu grupo de atividade.

A Figura 04 contém classificação genérica de resíduos sólidos domiciliares.



Fonte: Mattos, 2005

Outros métodos analíticos, consagrados em nível internacional, podem ser exigidos pelo Órgão de Controle Ambiental, dependendo do tipo e complexidade do resíduo, com a finalidade de estabelecer seu potencial de risco à saúde humana e ao meio ambiente.

### 3.2 GERAÇÃO DO RSU

A Figura 05 sintetiza informações sobre a geração de RSU no Brasil durante o ano de 2022, tendo alcançado um total de aproximadamente 81,8 milhões de toneladas, o que corresponde a 224 mil toneladas diárias. Com isso, cada brasileiro produziu, em média, 1,043 kg de resíduos por dia.

A partir dos dados registrados em 2022, observa-se que o montante de RSU gerado no país apresentou uma curva regressiva.

As possíveis razões podem estar relacionadas às novas dinâmicas sociais, com a retomada da geração de resíduos nas empresas, escolas e escritórios, com a menor utilização dos serviços de delivery em comparação ao período de maior isolamento social e por conta da variação no poder de compra de parte da população. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS - ABRELPE, 2022).



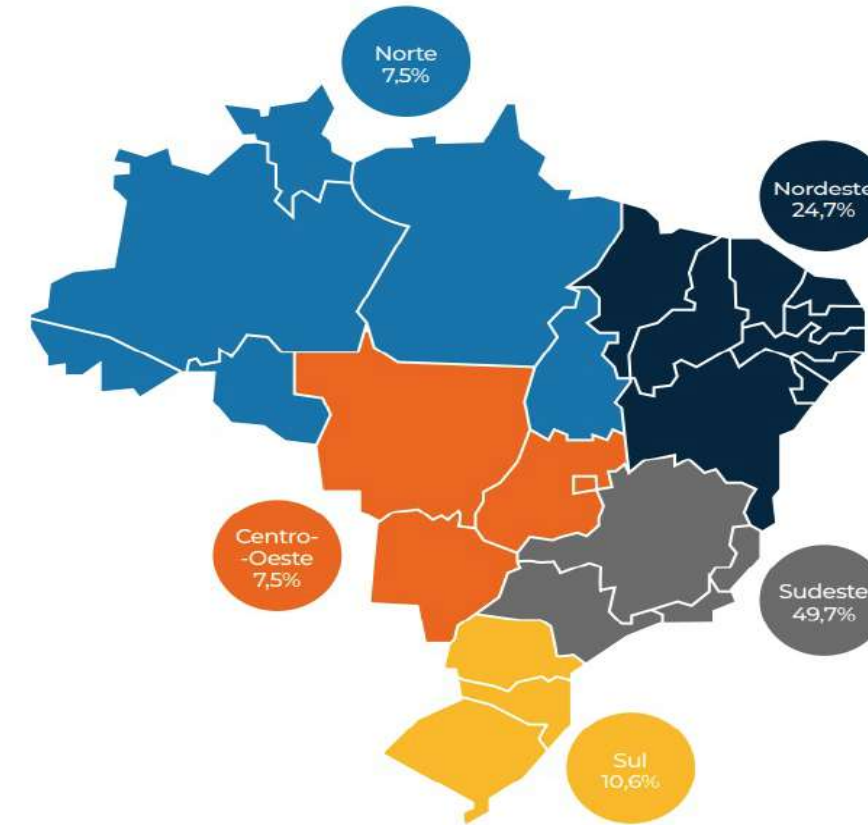
Figura 05. Geração de RSU no Brasil em 2022



Fonte: ABRELPE, 2022

Regionalmente e nos moldes dos anos anteriores, a região com maior geração de resíduos continua sendo a Sudeste, com cerca de 111 mil toneladas diárias (aproximadamente 50% da geração do país) e uma média de 450 kg/hab/ano, enquanto a região Centro-Oeste representa pouco mais de 7% do total gerado, com cerca de 6 milhões de toneladas/ano, a menor dentre as regiões.

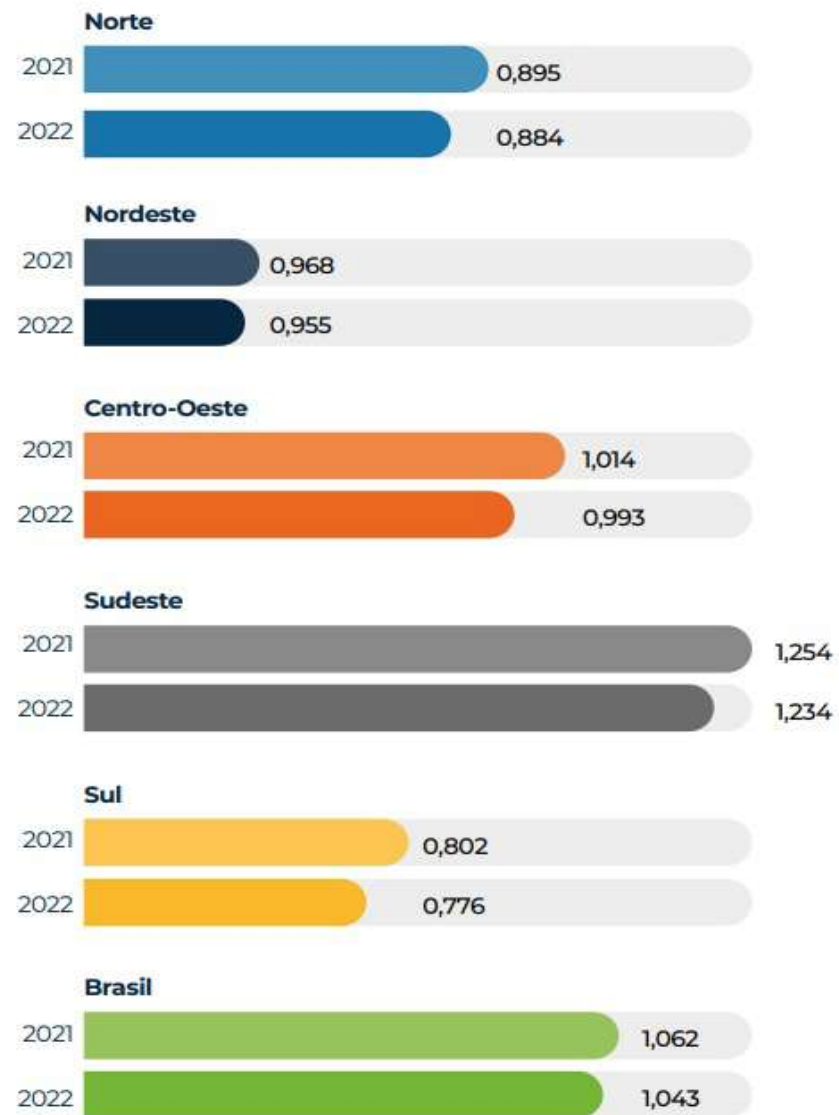
Figura 06. Participação das regiões na geração de RSU (%) em 2022



Fonte: ABRELPE, 2022

Em termos de geração diária por habitante, as variações regionais mostram-se bastante latentes, com a região Sudeste apresentando uma geração média de 1,234 kg/hab/dia, a maior do país e, na outra ponta, a região Sul com uma média de 0,776 kg/hab/dia.

Figura 07. Comparativo geração per capita entre 2021 e 2022



Fonte: ABRELPE, 2022

### 3.3 COLETA DE RSU

Abordando a coleta desses resíduos, foi registrado no país no ano de 2022 um total de 76,1 milhões de toneladas, ocasionando em uma cobertura de coleta de 93% (ABRELPE, 2022).

Figura 08. Coleta de RSU no Brasil no ano de 2022



Fonte: ABRELPE, 2022

Contudo, vale ressaltar, que algumas regiões do Brasil ainda apresentam índices abaixo da média nacional de cobertura, sendo estas regiões a Norte e a Nordeste, que se aproximam de 83%, como é mostrado na Figura 9.

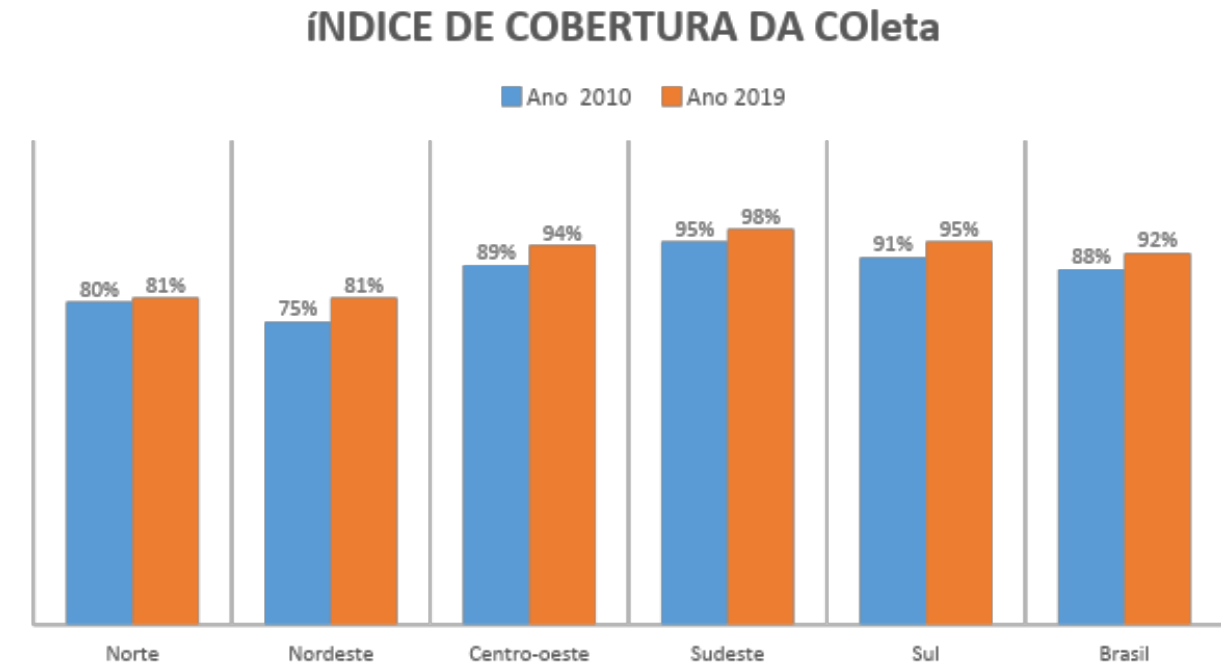
Figura 09. Índice cobertura de coleta de RSU no Brasil e Regiões em 2022.



Fonte: ABRELPE

Apesar do aumento da cobertura de coleta na última década, ainda assim estima-se que mais de 9 milhões de residentes na região Nordeste não são beneficiados com a coleta de RSU.

Figura 10. Índice de cobertura de coleta



Fonte: Abrelpe/IBGE

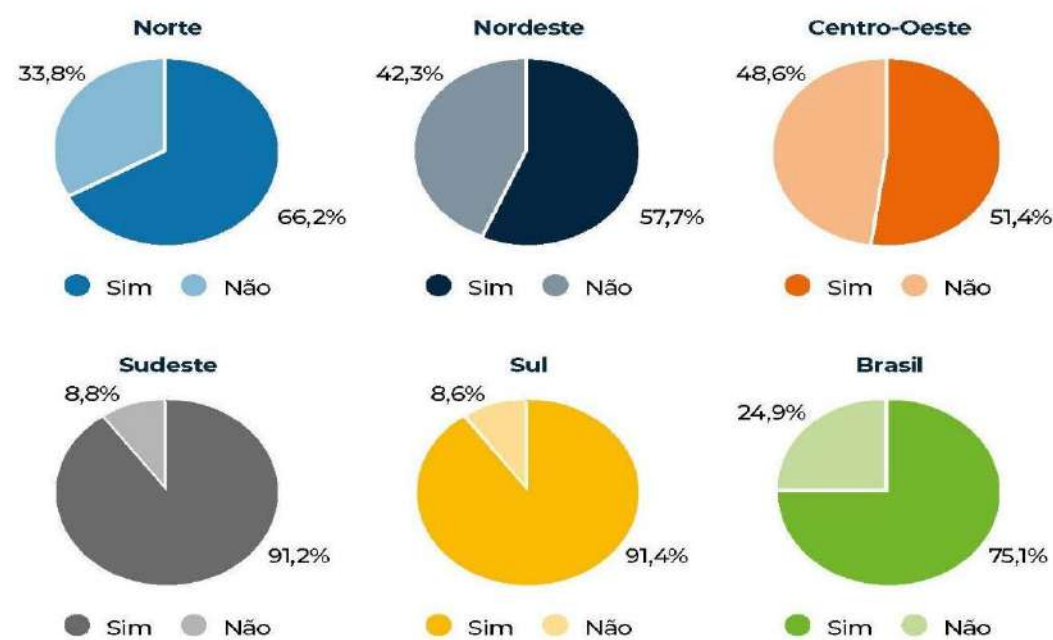
Os recursos aplicados pelos municípios na coleta e demais serviços de limpeza urbana, que incluem destinação final dos RSU e serviços de varrição, capina, limpeza e manutenção de parques e jardins, limpeza de córregos, entre outros, passaram de R\$ 17,65 bilhões (média de R\$ 8,00 por habitante/mês) em 2010, para R\$ 25 bilhões (média de R\$ 10,00 por habitante/mês) ao final de 2019 e o número de empregos diretos no setor de limpeza também aumentou em uma década e passou de 284 mil para 332 mil postos de trabalho.

### 3.3.1 COLETA SELETIVA

Em 2021, o número de municípios que apresentaram alguma iniciativa de coleta seletiva foi de 4.183, representando 75,1% do total de municípios do país, quantidade ligeiramente superior que a verificada em 2020. Importante destacar, porém, que em muitos municípios as atividades de coleta seletiva ainda não abrangem a totalidade da população, podendo ser iniciativas pontuais.

As regiões Sul e Sudeste são as que apresentam os maiores percentuais de municípios com iniciativa de coleta seletiva, com mais de 90% dos municípios com alguma iniciativa nesse sentido.

Figura 11. Municípios com iniciativas de Coleta Seletiva



Fonte: Abrelpe/IBGE

Registre-se, ainda, dados do Anuário da Reciclagem, criado pela Associação Nacional dos Catadores e Catadoras de Materiais Recicláveis (Ancat) e pela Pragma Soluções

Sustentáveis, em parceria com a LCA Consultores, que contém informações sobre a cadeia da reciclagem no Brasil sob o ponto de vista do trabalho das cooperativas de catadores de materiais recicláveis.

De modo complementar, foram coletados dados junto ao programa Dê a Mão para o Futuro – Reciclagem, Trabalho e Renda, projeto da Associação Brasileira da Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos (Abihpec), em parceria com a Associação Brasileira das Indústrias dos Produtos de Limpeza e Afins (Abipla) e a Associação Brasileira das Indústrias de Biscoitos, Massas Alimentícias e Pães & Bolos Industrializados (Abimap).

Cabe esclarecer que o Anuário da Reciclagem se debruça sobre uma amostra representativa de organizações de catadores (247 em 2017 e 260 em 2018), as quais compõem um banco de dados de 1.710 entidades construído pela Ancat, pela Pragma e por outros parceiros.

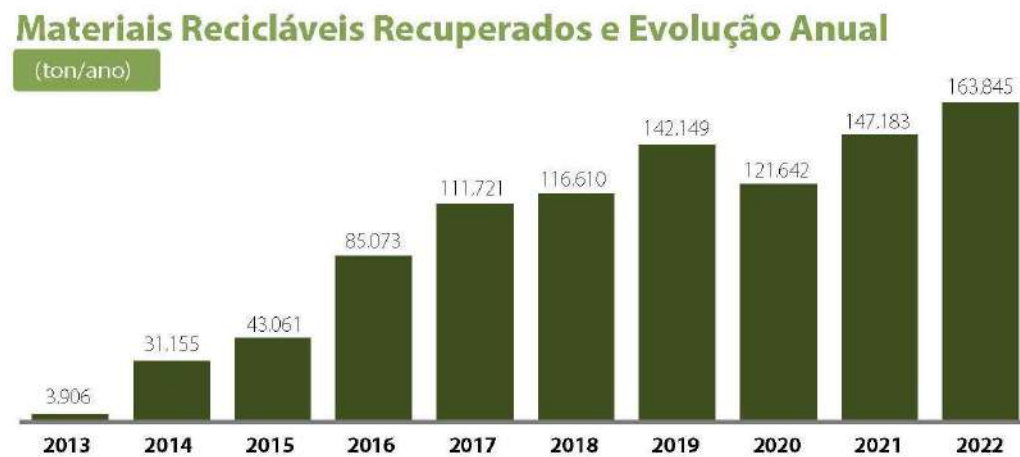
Isso significa que os dados refletem boa parte da realidade dos catadores em todo o país, mas não a totalidade da situação desse setor.

### 3.3.1.1 VOLUME DE MATERIAIS REICLÁVEIS COLETADOS PELO PROGRAMA DÊ A MÃO PARA O FUTURO – RECICLAGEM, TRABALHO E RENDA

O programa Dê a Mão para o Futuro – Reciclagem, Trabalho e Renda têm como principal função ser uma solução viável na gestão de resíduos sólidos pós-consumo das empresas associadas à Abihpec, à Abipla e à Abimapi. O foco é inclusão social a partir de geração de emprego e renda para os catadores de materiais recicláveis.

Desde 2013, o programa acompanha o volume de materiais recicláveis coletados pelas cooperativas – elas eram 24 no início, em 2022 já somam 182. Em todo o período, foram recuperadas 966.345 toneladas de resíduos. Somente em 2022, 163.845 toneladas foram recicladas, 11,32% a mais que em 2021.

Figura 12. Volume de materiais recicláveis recuperados por meio do Programa Dê a Mão para o Futuro



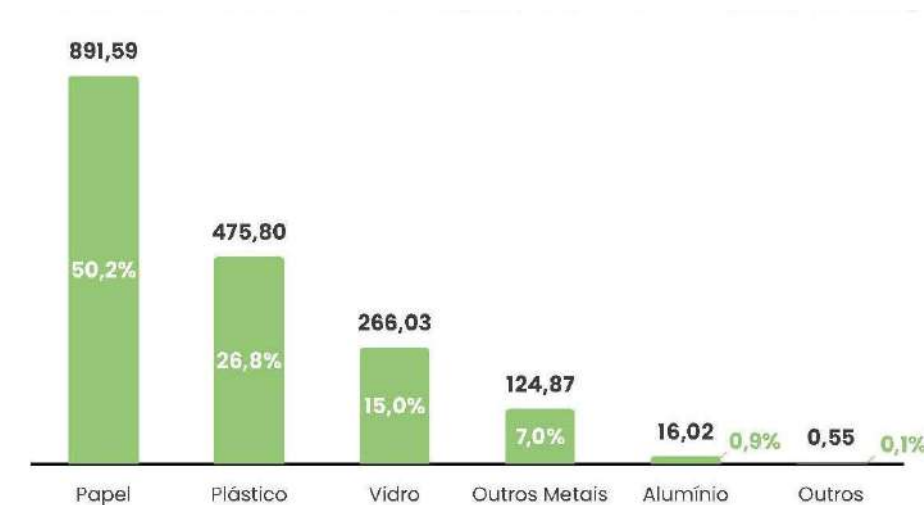
Fonte: Abihpec, 2022

### 3.3.1.2 VOLUME DE MATERIAIS RECICLÁVEIS COLETADOS PELAS COOPERATIVAS E ASSOCIAÇÕES DE CATADORES ACOMPANHADAS PELA ANCAT

Os materiais coletados em 2023 pelas cooperativas e associações de catadores acompanhadas pela Ancat estão divididos nas seguintes categorias: papéis, plásticos, alumínio, outros metais (sucata e cobre, por exemplo), vidros e outros materiais (eletroeletrônicos, óleos e gorduras residuais e outros materiais não especificados).

O papel/papelão representa 50,2% da quantidade destinada à reciclagem, com 891,59 mil toneladas. Em seguida está o plástico, com 475,80 mil toneladas, 26,8%. Esses dois materiais representam, portanto, 77% do total de materiais coletados e destinados à reciclagem pelas organizações de catadoras e catadores, sendo os demais menos representativos. O vidro, por exemplo, com 266,03 mil toneladas, representa 15% do total; outros metais representam 7%, com 124,87 mil toneladas; o alumínio representa 1%, com 16,02 mil toneladas; e outros materiais coletados somam apenas 0,55 mil toneladas, representando menos de 0,1% do total.

Figura 13. Volume total coletado pelas cooperativas e associações de catadores em 2023, por tipo de material



Fonte: Anuário da Reciclagem 2023

Os dados coletados comprovam que a coleta seletiva está distante de ser universalizada.

Os índices de reciclagem são bastante incipientes e pouco evoluem, e os lixões estão presentes em todas as regiões, com impactos diretos sobre o meio ambiente e as pessoas, com custos bilionários para recuperação dos prejuízos ambientais e para tratamentos de saúde.

Enquanto o mundo avança em direção a um modelo mais moderno e sustentável de gestão de resíduos, o Brasil continua sem superar deficiências já verificadas, ficando abaixo dos indicadores médios de nações situadas na mesma faixa de renda e desenvolvimento.

Ultrapassados 10 anos da promulgação da Política Nacional de Resíduos Sólidos, o setor ainda apresenta alguns déficits consideráveis, principalmente no tocante a coleta seletiva, recuperação de materiais e disposição final dos resíduos coletados.

Observa-se que o tema ainda não constitui uma prioridade na agenda política e social do país, inobstante o modelo atual ser cada vez mais custoso e, em alguns pontos, até mesmo insustentável.

### 3.3.2 RECICLAGEM E RECUPERAÇÃO ENERGÉTICA

A recuperação energética complementa a reciclagem ao promover o maior aproveitamento possível e assim atingir o propósito comum da economia de recursos naturais. O rejeito dos processos de reciclagem pode ainda passar por recuperação energética. Quando há uma

queda na qualidade dos produtos reciclados após diversos ciclos de reciclagem, e quando já não é mais possível realizá-los, a recuperação energética ainda é uma opção:

- a) Os metais que não são separados no sistema de coleta, muitas vezes por estarem presos a outros produtos, podem ser recuperados juntos com os resíduos inertes gerados após a incineração.
- b) Resíduos contêm materiais e substâncias contaminados com, por exemplo, riscos sanitários para a saúde e, por conseguinte, devem ser retirados de circulação. Tais materiais podem ser incinerados com segurança enquanto geram energia.
- c) Países com metas ambientais diferenciadas e ambiciosas para gestão de seus resíduos sólidos possuem uma combinação de recuperação energética e de materiais. As nações com os índices mais altos de reciclagem são também as que possuem as maiores taxas de recuperação energética.

O Brasil apresenta potencial para utilização da recuperação energética de resíduos. Isso requer setores de gestão de resíduos e infraestrutura energética bem organizados para o aproveitamento máximo desse potencial. A infraestrutura elétrica, o desenvolvimento das infraestruturas de gás, aquecimento e resfriamento proporcionarão oportunidades para aumentar a eficiência da recuperação e utilização de energia.

### 3.3.3 RECICLAGEM E LOGÍSTICA REVERSA

Marco na área ambiental do Brasil, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12.305/2010) estabeleceu instrumentos para implementar o princípio da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos. Um deles é a logística reversa, destinada a viabilizar o reaproveitamento dos resíduos sólidos no processo produtivo e, assim, diminuir o envio de materiais para a disposição no solo.

A lei também orienta a hierarquia de ações a serem seguidas na gestão e no gerenciamento dos resíduos sólidos. Uma das prioridades, nesse sentido, é a reciclagem, entendida como o processo de transformação de resíduos que envolve a alteração de propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas e que dá origem a novos insumos ou novos produtos.

De acordo com a PNRS a gestão de resíduos sólidos deve seguir a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento e, como última alternativa, disposição final ambientalmente adequada.

Figura 14. Gráfico de prioridade



Diversos setores vêm adotando medidas para elaborar sistemas de logística reversa de produtos e embalagens pós-consumo, a fim de reciclá-los e, desse modo, reinseri-los no processo produtivo como matérias-primas.

Geralmente, o conceito de logística é pensado como o gerenciamento do fluxo de materiais e de informações, do seu ponto de aquisição (in-bound logistics) até o seu ponto de consumo (out-bound logistics).

No entanto, para uma grande gama de materiais e produtos, existe também o fluxo logístico reverso, do ponto de consumo até o ponto de origem, que precisa ser gerenciado.

Para se compreender a logística reversa é necessário rever o conceito de Logística. Segundo o Council of Logistics Management (1993), logística pode ser definida como:

*“O processo de planejamento, implementação e controle da eficiência e eficácia e dos custos, dos fluxos de matérias-primas, produtos em estoque, produtos acabados e informação relacionada, desde o ponto de origem até ao ponto de consumo, com o objetivo de atender as necessidades dos clientes”.*

Rogers et all (1998) completam a definição adaptando-a para a logística reversa. Segundo estes autores, o conceito de logística reversa inclui todas as atividades acima mencionadas considerando, porém, que as atividades são operadas em sentido oposto:

*“O processo de planejamento, implementação e controle da eficiência e eficácia e dos custos, dos fluxos de matérias-primas, produtos em estoque, produtos acabados e*

*informação relacionada, desde o ponto de consumo até o ponto de origem, com o objetivo de recapturar valor ou realizar a deposição adequada".*

Nesta definição fica bem claro que a logística reversa trata do fluxo de retorno originado no cliente final e percorrendo o sentido inverso da cadeia de suprimentos em direção aos fornecedores originais dos componentes ou da matéria prima. Portanto, a logística reversa só pode ser considerada como tal, quando executada pela mesma empresa que realizou a logística direta. Se nenhum produto retorna para sua empresa de origem, provavelmente, a atividade não pode ser considerada como logística reversa.

Desde a primeira definição da logística reversa elaborada em 1993 pelo "Council of Logistics Management" (CLM), várias evoluções se sucederam a este conceito inicial. Stock, Roger e Tibben-Lembke, Dornier et al; Bowersox e Closs apud Leite (2003) contribuíram conceitualmente para o processo de evolução desta definição, que encontra ainda novas possibilidades de alteração em função do crescente interesse empresarial e de pesquisa nesta área.

*"Entendemos a logística reversa como a área da logística empresarial que planeja, opera e controla o fluxo e as informações logísticas correspondentes, do retorno dos bens de pós-venda e pós-consumo ao ciclo de negócio ou ao ciclo produtivo, por meio de canais de distribuição reversos agregando-lhes valor de diversas naturezas: econômico, ecológico, legal, logístico, de imagem corporativa, entre outros" (Leite, 2003)*

Mais precisamente, logística reversa é o processo de mover um bem da sua destinação final até a sua origem, com o propósito de recuperá-lo, total ou parcialmente, ou destruí-lo de

forma correta. Evidentemente, quando se fala que o bem deve retornar a sua origem, não se pretende dizer que ele deve ser devolvido exatamente ao ponto em que foi fabricado, mas sim voltar para a Empresa que o produziu.

A Empresa, por sua vez, dará o destino que lhe for mais conveniente, pode ser recuperá-lo, reciclá-lo, vendê-lo para outra empresa ou, até mesmo, jogá-lo no lixo.

No entanto, constata-se que, mesmo na literatura especializada, frequentemente a logística reversa está sendo confundida com reciclagem, com reuso de materiais ou com fluxo reverso de mercadorias. Existe uma clara mistificação do nome e a logística reversa já está sendo exageradamente confundida por alguns como "Logística Verde".

A logística reversa difere da chamada "logística verde" porque esta última considera todo o impacto, desde a produção do bem, até o fim de sua vida útil e a correta disposição final deste bem.

Na realidade, a logística reversa não é uma "logística ambiental" como alguns trabalhos pretendem sugerir, mas algo muito mais simples, em princípio muito parecida com a logística tradicional, só que utiliza canais de distribuição que fluem no sentido inverso.

A atividade principal, tanto na logística para reciclagem como na logística reversa é a coleta dos produtos a serem recuperados e sua distribuição após reprocessamento. Embora este problema se assemelhe ao problema clássico de distribuição, também há algumas diferenças:



- Normalmente, existem muitos pontos onde os bens precisam ser coletados;
- A recolha da embalagem dos produtos é geralmente uma questão problemática;
- A cooperação do remetente é, em muitos casos, bastante necessária.

### 3.3.3.1 CANAIS DE DISTRIBUIÇÃO REVERSOS

É muito recente a preocupação em relação aos canais de distribuição reversos que correspondem às etapas, formas e meios pelos quais uma parcela dos produtos vendidos retorna ao ciclo produtivo, seja por alguma disfunção detectada após a venda, seja pela extinção de sua vida útil.

Apesar dos canais reversos de alguns materiais, como alguns metais, serem conhecidos há muitos anos, há pouco estudo, até o momento sobre o seu comportamento. O que se verifica é uma incipiente sistematização de conceitos nesse campo. Diversos autores, entre eles Ballou, fizeram, no passado, referências a esses canais reversos como tema de preocupação para o “futuro” (Leite, 2003).

Este pouco interesse pelo estudo dos canais de distribuição reversos está na sua aparente pouca importância econômica, quando comparada com os canais de distribuição direto.

Os volumes movimentados nos canais reversos são apenas uma fração daqueles dos canais diretos e seu valor relativo é baixo, se comparado ao dos bens originais.

No entanto, é notável o crescimento, nos últimos anos, das atividades ligadas à logística reversa por uma série de fatores. Lacerda (2002) coloca três causas básicas deste crescimento:

1º) Questões ambientais: Prática comum em alguns países, notadamente a Alemanha, existe no Brasil uma clara tendência de que a legislação ambiental caminhe para tornar as empresas cada vez mais responsáveis por todo ciclo de vida de seus produtos. Isto significa ser legalmente responsável pelo seu destino após a entrega dos produtos aos clientes e do impacto que estes produzem ao meio ambiente.

2º) Diferenciação por serviço: Os varejistas acreditam que os clientes valorizam mais, as empresas que possuem políticas mais liberais do retorno de produtos. Esta, aliás, é uma tendência reforçada pela legislação de defesa do consumidor, garantindo-lhe o direito de devolução ou troca. Isto envolve uma estrutura para recebimento, classificação e expedição de produtos retornados.

3º) Redução de custo: Iniciativas relacionadas à logística reversa têm trazido retornos consideráveis para empresas. Economias com a utilização de embalagens retornáveis ou com o reaproveitamento de materiais para a produção levam a ganhos que estimulam cada vez mais novas iniciativas de fluxo reverso.

Leite (2003) considerou duas categorias de canais de distribuição reversos: pós-consumo e pós-venda.

Os canais reversos de pós-consumo são constituídos pelo fluxo reverso de uma parcela de produtos e de materiais constituintes originados no descarte dos produtos, depois de extinta sua utilidade original, e que retornam ao ciclo produtivo através de reuso, desmanche ou reciclagem. Há também casos em que uma parcela destes produtos pós-consumo é destinada a sistemas de disposição final, alguns deles seguros ou controlados e outros não seguros, provocando impactos maiores ao meio ambiente.

Os canais reversos de pós-vendas são constituídos pelas diferentes formas de retorno de parcela de produto com pouco ou nenhum uso ou com problemas relacionados à qualidade.

Os clássicos canais logísticos reversos são comuns em muitas empresas. Por exemplo, fabricantes de bebidas gerenciam todo o retorno das garrafas dos pontos de venda até seus centros de distribuição.

As siderúrgicas usam como insumo de produção em grande parte a sucata gerada por seus clientes e para isso usam centros coletores de carga. A indústria de latas de alumínio é notável no seu grande aproveitamento de matéria prima reciclada, tendo desenvolvido meios inovadores na coleta de latas descartadas.

Existem ainda outros setores da indústria onde o processo de gerenciamento dos canais de suprimento reversos é mais recente como na indústria de eletrônicos, automobilística e de produtos radioativos.

Estes setores também têm que lidar com o fluxo de retorno de embalagens, de devoluções de clientes ou do reaproveitamento de materiais para produção.

Entretanto observa-se a proliferação de trabalhos acadêmicos que descrevem processos que não podem ser considerados como de logística reversa e sim como casos de reciclagem de materiais, cuja movimentação e armazenagem poderiam ser encaradas como de logística de suprimentos normal. Pode-se citar como exemplo a reciclagem de fibras de coco, pneus, cartuchos de tinta de impressoras, garrafas pet etc. que não voltam para sua indústria de origem, mas sim são fontes de matéria prima para indústrias completamente diferentes, nada tendo a ver, portanto, com logística reversa.

Nunca é demais ressaltar que: reciclagem não é logística reversa, aproveitamento de sobras da produção não é logística reversa, coleta de produtos descartados não é logística reversa.

### 3.3.3.2 LOGÍSTICA REVERSA X LOGÍSTICA PARA RECICLAGEM

Um exemplo clássico de Logística para Reciclagem de Materiais é o caso das latas de alumínio e das garrafas PET.

Pode-se afirmar que no Brasil e na maioria dos países em desenvolvimento, não existe logística reversa para estas embalagens. Existe sim, uma imensa rede de catadores recolhendo estes produtos, o que possibilita a reciclagem de uma grande quantidade destas embalagens.

No entanto, nem a indústria que produz as latas ou as garrafas, nem a indústria engarrafadora, se envolvem com o processo de recolhimento ou recuperação. Os catadores entregam as latas e as garrafas para intermediários que fazem a compactação destes produtos e repassam para um nível superior de atravessadores.

As garrafas PET não podem ser aproveitadas novamente na indústria de embalagens, mas têm uma demanda muito grande para outros usos.

Já o alumínio das latas pode ser novamente transformado em latas ou, evidentemente, em diversos outros produtos. Então a lata pode, eventualmente, voltar para a indústria que a produziu, mas, mesmo assim, isto não nada a ver com logística reversa, mas como uma fonte de matéria prima como qualquer outra para a indústria.

Para a indústria, a recompra da lata significa obter uma matéria prima muito mais barata do que o alumínio oriundo da bauxita. Isto é a mesma coisa que acontece com qualquer outra indústria que usa produto reciclado, como papel, ferro, plástico, entre outras. Somente adquirem aqueles produtos se eles tiverem um custo menor que o de sua matéria prima convencional.

Já uma situação real de logística reversa acontece na área de supermercados, mais especificamente no setor de alimentos, na qual diversas empresas fornecedoras se responsabilizam pela coleta de produtos defeituosos ou fora do prazo de validade, evitando problemas de infecção ou intoxicação e, desta forma, protegem a sua marca por garantir proteção à saúde do consumidor.

Também, na indústria automobilística, no setor de autopeças, existem basicamente dois fluxos reversos implantados: a) o fluxo reverso de pós-vendas de autopeças com defeitos, que pode ser originado tanto nas concessionárias quanto na montadora, que retornam na cadeia de distribuição em direção aos fornecedores e b) o fluxo reverso de pós-consumo de autopeças que apresentaram defeitos depois que os veículos foram vendidos.

Este segundo fluxo tem origem nas concessionárias, quando o cliente faz a manutenção do veículo em garantia. Na Europa, por força da legislação da CEE, também existe o fluxo pós-consumo para veículos completos, que inclui o processo de desmanche e reciclagem de seus componentes.

### 3.3.3.3 MATERIAIS PROPÍCIOS À LOGÍSTICA REVERSA

- EMBALAGENS DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS

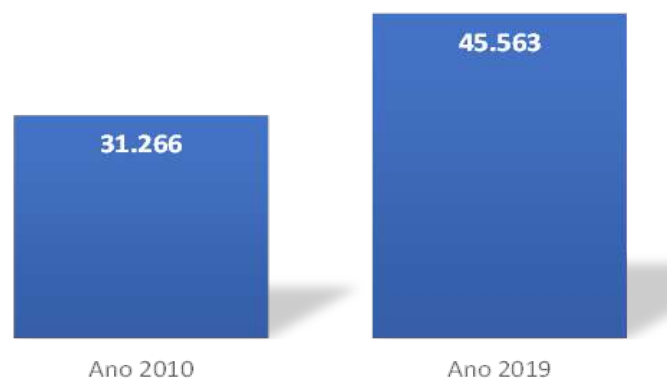
As informações a seguir provêm do programa Sistema Campo Limpo, cuja finalidade é realizar a logística reversa de embalagens vazias de defensivos agrícolas em todas as regiões do Brasil.

A iniciativa está a cargo do Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias (inpEV), fundado em 2001, que tem como objetivo fazer a gestão pós-consumo desse tipo de embalagem, atendendo à Lei Federal nº 9.974/2000 e ao Decreto Federal nº 4.074/2002.

O sistema, que processava 31.266 em 2010, processou em 2019 45.563 toneladas das quais 94% foram enviadas para reciclagem e 6% para incineração. O volume representa 94% do total de produtos desse tipo comercializados no país.

Figura 15. Evolução da destinação adequada de embalagens de defensivos agrícolas (toneladas/ano)

### Destinação de Embalagens de Defensivos Agrícolas (t/ano)



Fonte: Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias (inpEV)

- EMBALAGENS DE ÓLEOS LUBRIFICANTES

O primeiro acordo setorial de logística reversa assinado pelo Ministério do Meio Ambiente, no final de 2012, teve como parceiro o Sindicato Nacional das Empresas Distribuidoras de Combustíveis e de Lubrificantes (Sindicom).

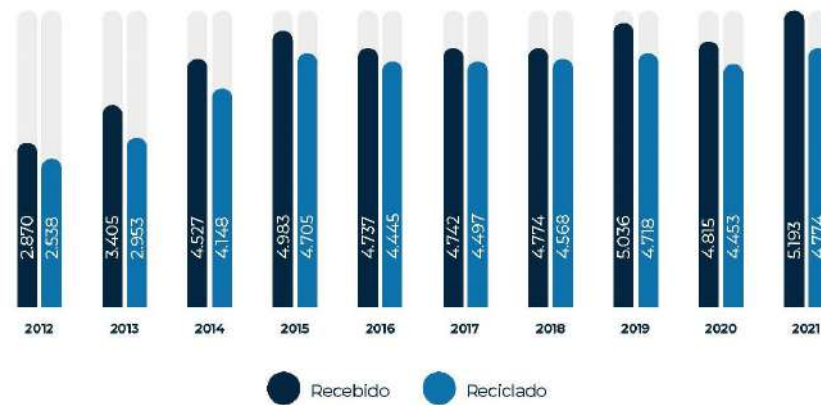
A entidade havia criado em 2005, no Rio Grande do Sul, o Instituto Jogue Limpo, que passou a ser o responsável pelo cumprimento do acordo. O instituto faz a logística reversa das embalagens plásticas de óleo lubrificante e de óleo lubrificante usado ou contaminado (conhecido no setor pela sigla Oluc).

O programa está presente em 17 unidades da Federação: Alagoas, Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Rio Grande do Norte e Sergipe (Nordeste), Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo (Sudeste), Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina (Sul) e Distrito Federal, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul (Centro-Oeste). Cobre 4.310 municípios, tem 47.452 geradores cadastrados e 28.147 geradores ativos.

Entre os anos de 2010 e 2019, a destinação adequada das embalagens plásticas de óleo lubrificante aumentou em quase quatro vezes, passando de 1.149 toneladas de embalagens recebidas e 1.118 toneladas recicladas em 2010, para 5.036 toneladas recebidas e 4.718 toneladas recicladas em 2019, correspondendo a 97,3% (2010) e 98,5% (2019) de reciclagem do total recebido.

Atualmente o sistema possui 177 pontos de entrega voluntária, 65 deles inaugurados em 2019, localizados em 13 das 19 unidades da federação onde o sistema atua.

Figura 16. Evolução da destinação adequada de embalagens de óleos lubrificantes (ton/ano)



Fonte: Instituto Jogue Limpo

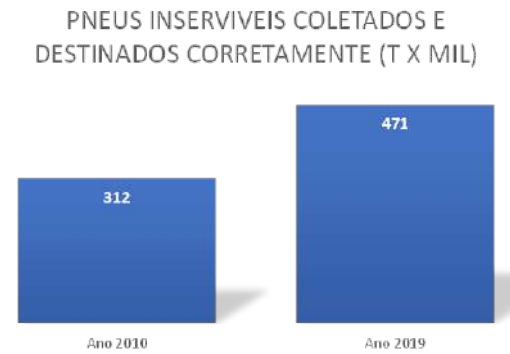
- PNEUS INSERVÍVEIS

A entidade gerenciadora da logística reversa de pneus que não podem mais ser reaproveitados (pneumáticos inservíveis) é a Reciclanip, representante dos fabricantes nacionais desses produtos. Sua atuação estende-se por todo o país, impulsionada pela Resolução Conama nº 416/2019, que estabeleceu a obrigatoriedade da presença de pontos de coleta nos municípios com população acima de 100 mil habitantes.

Do início do programa, em 1999, até o final de 2019, cerca de 5,23 milhões de toneladas de pneus inservíveis foram coletadas e corretamente destinadas, um volume equivalente a 1,04 bilhões de pneus de carro de passeio.

Os pontos de coleta de pneus inservíveis nos municípios brasileiros passaram de 576 em 2010 para 1.053 em 2019. Além dessa ampliação logística, também houve aumento de 50,96% na quantidade de pneus recuperados, que foi de 312.000 toneladas, em 2010, para 471.000 toneladas, em 2019.

Figura 17. Evolução da quantidade de pneus inservíveis coletados e corretamente destinados no Brasil



Fonte: Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias (inpEV)

Figura 18. Pneus inutilizáveis expostos



- LÂMPADAS FLUORESCENTES DE VAPOR DE SÓDIO E MERCÚRIO E DE LUZ MISTA

Em novembro de 2014, foi assinado pela União o acordo setorial para implementar o Sistema de Logística Reversa de Lâmpadas Fluorescentes de Vapor de Sódio e Mercúrio e de Luz Mista.

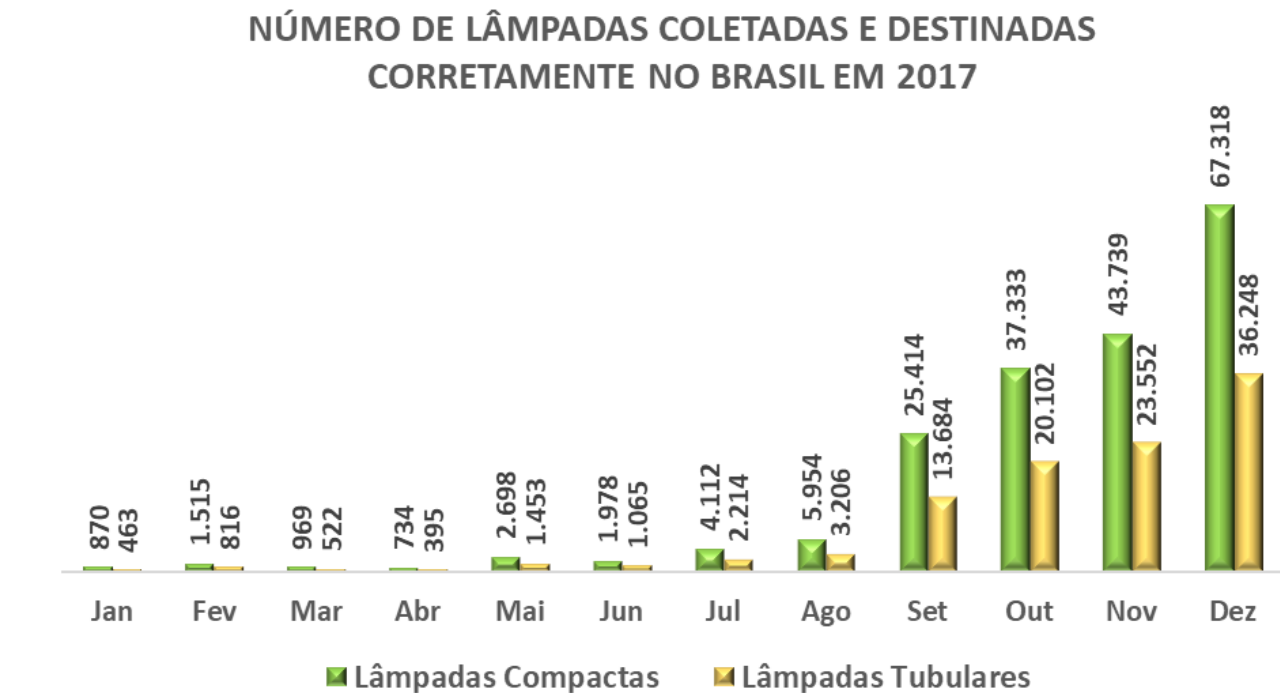
A operacionalização do sistema está sob responsabilidade da Associação Brasileira para Gestão da Logística Reversa de Produtos de Iluminação (Reciclus), uma organização sem fins lucrativos fundada em novembro de 2015 por empresas vinculadas à Associação Brasileira da Indústria da Iluminação (Abilux) e à Associação Brasileira de Fabricantes e/ou Importadores de Produtos de Iluminação (Abilumi).

A Reciclus está presente em 33 cidades de 25 estados do país (exceto Acre e Tocantins) e, segundo o Relatório Anual de Atividades e Resultados 2017, o sistema finalizou aquele ano com 304 pontos de coleta instalados pelo Brasil.

Em 2017, 296.3646 lâmpadas foram destinadas de forma ambientalmente correta. Número equivalente a cerca de 44 toneladas de material corretamente reciclado.

Desse montante, 65% (192.634) eram lâmpadas compactas e 35% (103.730), lâmpadas tubulares. O volume equivale, respectivamente, a 28.124,6 e 15.144,6 quilos.

Figura 19. Número de lâmpadas coletadas e destinadas corretamente no Brasil em 2017



Fonte: Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias (inpEV)

A recuperação energética complementa a reciclagem ao promover o maior aproveitamento possível e assim atingir o propósito comum da economia de recursos naturais. O rejeito dos processos de reciclagem pode ainda passar por recuperação energética. Quando há uma queda na qualidade dos produtos reciclados após diversos ciclos de reciclagem, e quando já não é mais possível realizá-los, a recuperação energética ainda é uma opção.

- d) Os metais que não são separados no sistema de coleta, muitas vezes por estarem presos a outros produtos, podem ser recuperados juntos com os resíduos inertes gerados após a incineração.

- e) Resíduos contêm materiais e substâncias contaminados com, por exemplo, riscos sanitários para a saúde e, por conseguinte, devem ser retirados de circulação. Tais materiais podem ser incinerados com segurança enquanto geram energia.
- f) Países com metas ambientais diferenciadas e ambiciosas para gestão de seus resíduos sólidos possuem uma combinação de recuperação energética e de materiais. As nações com os índices mais altos de reciclagem são também as que possuem as maiores taxas de recuperação energética.

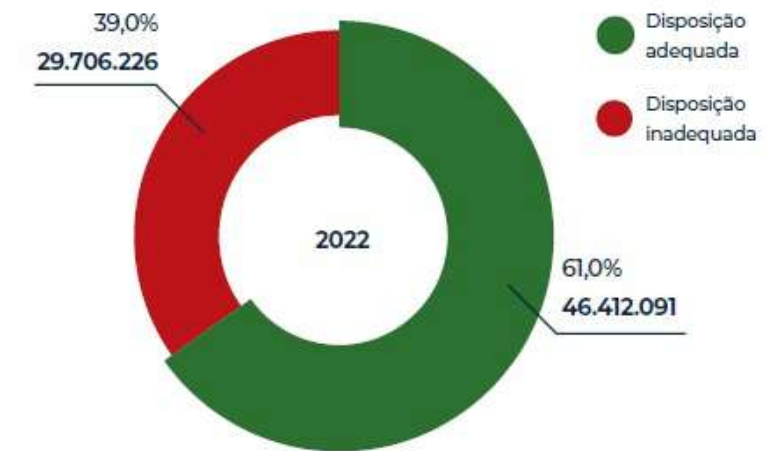
O Brasil apresenta potencial para utilização da recuperação energética de resíduos. Isso requer setores de gestão de resíduos e infraestrutura energética bem organizados para o aproveitamento máximo desse potencial. A infraestrutura elétrica, o desenvolvimento das infraestruturas de gás, aquecimento e resfriamento proporcionarão oportunidades para aumentar a eficiência da recuperação e utilização de energia.

### 3.4 DESTINAÇÃO DE RSU

Um dos maiores problemas vivenciados hoje é a destinação final desses resíduos e sua inutilidade pós descarte. Desse modo é importante verificarmos como é feita essa destinação e se ela está adequada, seguindo a PNRS. (ABRELPE, 2022)

No Brasil, a maioria dos RSU coletados continua sendo encaminhada para aterros sanitários, aproximadamente 61% ou 46,4 milhões de toneladas, porém ainda existem 39% desses resíduos com destinações inadequadas ao meio ambiente. (ABRELPE, 2022)

Figura 20. Disposição final RSU no ano de 2022.



Fonte: ABRELPE, 2022

Figura 21. Tabela de disposição final de RSU no Brasil e regiões, por tipo de destinação em 2022.

Região	Disposição adequada		Disposição inadequada	
	t/ano	%	t/ano	%
Norte	1.870.470,00	36,6	00 3.240.105,00	63,4
Nordeste	6.214.527,00	37,2	10.491.191,00	62,8
Centro-Oeste	2.532.762,00	43,5	3.288.281,00	56,5
Sudeste	29.773.638,00	74,3	10.298.552,00	25,7
Sul	6.020.694,00	71,6	2.388.097,00	28,4

Fonte: ABRELPE, 2022

○ 3.5 COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA DOS RSU

A composição gravimétrica dos resíduos sólidos refere-se à categorização dos tipos de materiais descartados pela população, e seu conhecimento é um passo fundamental para a gestão integrada e eficiente desses materiais. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS - ABRELPE, 2020).

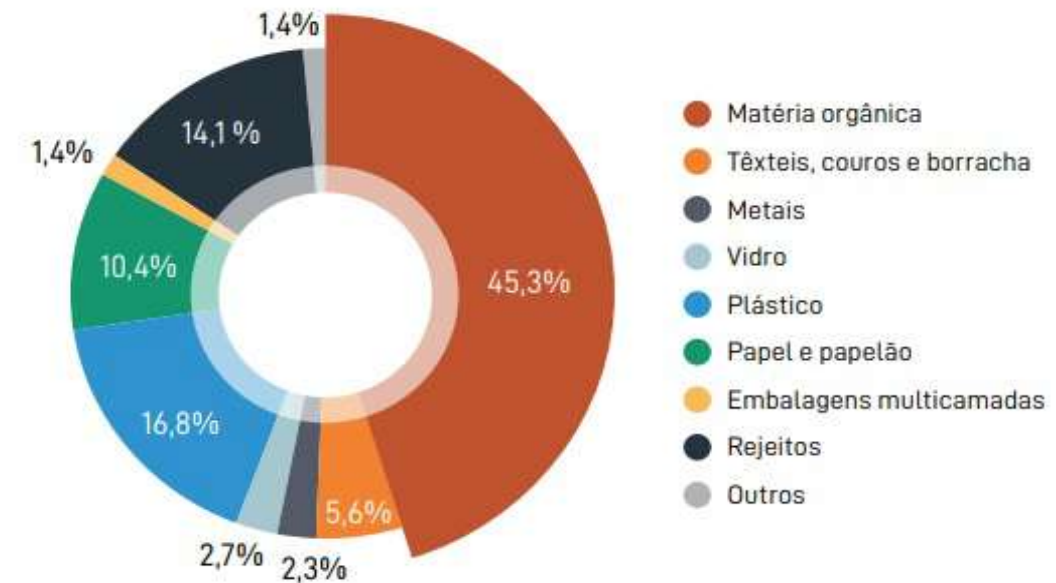
O conhecimento da composição dos resíduos sólidos permite o adequado planejamento do setor por meio de estratégias, políticas públicas e processos específicos que assegurem a destinação ambientalmente adequada preconizada pela PNRS (Política Nacional de Resíduos Sólidos), levando-se em consideração as melhores alternativas disponíveis e aplicáveis, de acordo com os tipos e quantidades de resíduos existentes. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS - ABRELPE, 2020).

Dessa forma, um importante estudo que tem que ser feitos é o estudo da caracterização e a análise dos componentes dos resíduos sólidos urbanos por parte dos órgãos públicos municipais, para a melhor gestão, destinação e gerenciamento destes resíduos.

A gravimetria nacional foi estimada com base na média ponderada a partir da geração total de RSU por faixa de renda dos municípios e suas respectivas gravimetrias, levando-se em consideração a população e geração per capita.

A partir da compilação dos dados disponíveis nos materiais consultados foi possível desenvolver uma comparação estatística e sua harmonização, que deu origem ao gráfico abaixo, contemplando as diferentes componentes e seus percentuais. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS - ABRELPE, 2020)

Figura 22. Gravimetria de resíduos sólidos urbanos.



Fonte: ABRELPE, 2020

Estima-se que praticamente metade da massa de RSU coletada no país seja composta de matéria orgânica.

A outra metade é composta por resíduos recicláveis secos e rejeitos, o que aponta para uma grande oportunidade e para o necessário equacionamento do problema dos resíduos sólidos urbanos, mediante a adoção de práticas e medidas de valorização dos resíduos sólidos recicláveis secos e orgânicos, por meio, em especial, de arranjos regionalizados. (SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE A GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS - SINIR, 2021).



- 4. GESTÃO DE RSU

Muitos são os desafios para melhorar o gerenciamento dos resíduos sólidos no país e para alcançar a sustentabilidade econômica e financeira dos serviços públicos de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos.

O principal dos desafios é eliminar, definitivamente, os lixões ainda existentes em milhares de municípios, que impactam negativamente o meio ambiente, levando à contaminação de corpos d'água, à atração de vetores de doenças (insetos, roedores e urubus) e à geração de gases poluentes, como o metano, que é considerado o principal gás de efeito estufa (GEE).

Cerca de 60% de todo RSU gerado no Brasil é descartado em aterros sanitários e estima-se que apenas 20% dos RSU aterrados são dispostos em aterros realmente sanitários, que são aqueles que possuem mecanismos de redução de emissões líquidas e gasosas para o meio ambiente.

Nesse cenário, tem-se desenvolvido outras ferramentas para a gestão do RSU. Tecnologias como incineração, pirólise, gaseificação, digestão anaeróbia, coprocessamento em forno de clínquer, oferecem alternativas à disposição em aterros sanitários, estruturas que, a cada dia, enfrentam mais restrições.

A seguir são apresentadas breves descrições sobre cada tipo de tecnologia desenvolvida atualmente.

- 4.1 TECNOLOGIAS VOLTADAS À GESTÃO DO RSU

- 4.1.1 ATERROS SANITÁRIOS

Com o intuito de armazenar os resíduos descartados em uma sociedade urbana, tentando manter o meio ambiente limpo, surgiram os aterros sanitários, que são uma técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se necessário. (NBR-8419/92)

- 4.1.2 INCINERAÇÃO

No âmbito do gerenciamento de resíduos sólidos, a incineração pode ser definida como um tratamento térmico efetuado em resíduos, no qual ocorre redução mássica e volumétrica (aproximadamente 75% e 90%, respectivamente), podendo ser utilizada para geração de energia (KORZUN; HECK, 1990).

Tecnicamente, (TILLMAN, 2012), define a incineração como sendo a "destruição térmica de orgânicos através da combustão, ou seja, a oxidação a altas temperaturas".

A incineração é um processo de combustão controlada (GIDARAKOS; AIVALIOTI, 2007), que queima os resíduos e os converte em gases não combustíveis.

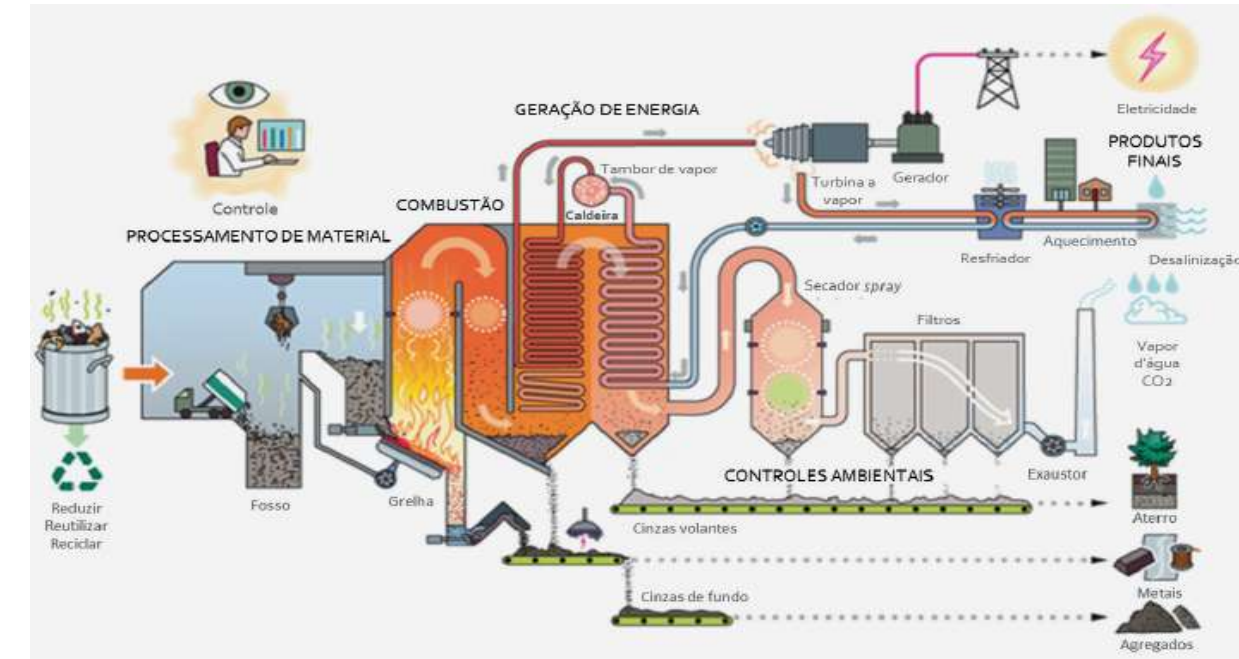
O emprego desta técnica diminui a necessidade de áreas para disposição de resíduos, com conseqüente minimização dos custos de transporte e da degradação ambiental (especialmente dos recursos hídricos) provocada pelos aterros sanitários, além de oferecer a possibilidade de recuperação de energia via aproveitamento do conteúdo energético do lixo, contemplando assim a questão da recuperação do resíduo via reciclagem energética, para inserção em novo ciclo produtivo, conceito básico do desenvolvimento sustentável.

Apesar dessas vantagens, dúvidas sobre a viabilidade ambiental das usinas de incineração estão sendo levantadas em diversos países e instituições, em virtude da contaminação atmosférica associada à sua instalação e funcionamento.

Além da emissão de gases ácidos, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> e metais pesados, estudos têm constatado que a incineração de resíduos sólidos é uma das maiores fontes de dioxinas e furanos, um grupo de substâncias altamente tóxicas.

A geração desses subprodutos requer a utilização de filtros especiais, o que encarece significativamente uma usina de incineração.

Figura 23. Planta-padrão de incineração de RSU



Fonte: GLOBAL Business & Development Construction LTD, sem data.

As plantas de incineração são conhecidas como plantas WTE. Elas possuem uma caldeira que captura e converte o calor gerado em eletricidade e vapor; também possuem um sistema robusto de controle da poluição do ar e que limpa os gases de combustão antes de liberá-los para a atmosfera através de uma chaminé, buscando a conformidade com as regulamentações ambientais. Uma planta processa entre 50.000 e 300.000 toneladas de materiais combustíveis por ano.

Tipos de combustíveis:

- Resíduos Sólidos Urbanos (RSU).
- Resíduos Industriais & Comerciais.

- Combustível Derivado de Resíduos (CDR).

#### Produtos gerados:

- Eletricidade ou calor – ou os dois se for uma planta de geração combinada de calor e eletricidade (CHP).
- Cinzas de fundo – é o que sobra depois da combustão e podem ser usadas como agregados ou material de leito; delas também podem ser extraídos os metais que não foram separados previamente.
- Cinzas volantes – são retidas pelo sistema de controle de poluição do ar.

O processo de incineração requer um ambiente rico em oxigênio para transformar os resíduos em vapor d'água, dióxido de carbono e calor.

Nas plantas de WTE, são aplicáveis três sistemas diferentes de incineração, sendo o primeiro a seguir o mais utilizado e popular:

- ☐ Grelhas móveis: O incinerador convencional possui em uma grelha móvel situada na parte inferior e que consiste em uma zona de queima que transporta o material através do forno. Na grelha, os resíduos são desidratados e depois queimados a altas temperaturas com o auxílio de injeção de ar. As cinzas de fundo deixam a grelha através de uma calha; a escória é resfriada em banho-maria e descarregada por um exaustor hidráulico, um dispositivo projetado especificamente para esse fim. A água do banho de resfriamento também fornece um gás vedante para o forno e impede a entrada de ar e saída de poeira e fumos.

A grelha móvel, se bem executada, transporta e agita eficientemente os resíduos, assim como distribui uniformemente o ar de combustão. A grelha pode ser seccionada em zonas

individualmente ajustáveis, e o ar de combustão pode normalmente ser pré-aquecido para acomodar variações no valor calorífico dos resíduos. As grelhas são desenhadas para incinerar resíduos com poder calorífico de 7.800 kJ/kg a 12.500 kJ/kg sem demandar combustível adicional. Pequenas unidades modulares pré-fabricadas recebem entre 5 on/dia e 200 ton/dia, e plantas maiores são capazes de processar até 3.000 ton/dia. Grelhas móveis são amplamente utilizadas para RSU misturados, mas também recebem resíduos comerciais, industriais não perigosos, de saúde e lodo de esgotos.

- ☐ Forno rotativo: um incinerador com forno rotativo conduz a queima dos resíduos em camadas em um cilindro rotativo inclinado, que transporta o material pelo forno através de suas rotações. O forno rotativo geralmente possui revestimento refratário, mas também pode ser equipado com paredes de água.

O cilindro pode ter de 1 a 5 metros de diâmetro e 8 a 20 metros de comprimento, e sua capacidade começa em 2,4 tons/dia (100 kg/h) e chega a 480 tons/dia (20 tons/h). A proporção de ar é bem maior do que as demais tecnologias de incineração; consequentemente, a eficiência energética é ligeiramente inferior e de até 80%. Como o tempo de retenção dos gases de combustão é usualmente muito curto para uma combustão completa no próprio forno rotativo, e para garantir a destruição de componentes tóxicos, o cilindro é seguido por e interligado a uma câmara de pós-combustão que pode ser incorporada na primeira parte da caldeira. O forno rotativo também pode ser usado em combinação com uma grelha móvel, onde atua como a peça de ignição e o forno rotativo é a seção de queima. Isso resulta em níveis muito baixos de material não queimado em meio à escória, que é expurgada do forno através de uma calha. Em fornos rotativos, podem ser tratados resíduos sólidos, líquidos e gasosos, bem como lodos de esgotos. A queima adicional com resíduos líquidos ou combustível adicional pode ser realizada para manter as temperaturas necessárias para assegurar a destruição dos resíduos a incinerar.

▣ Leito fluidizado: essa tecnologia é baseada no princípio de que as partículas sólidas são misturadas com o combustível e fluidizadas pelo ar. O reator (depurador) consiste em um recipiente vertical de aço com revestimento refratário, contendo um leito de material granular, como areia de sílica, calcário ou um tipo de material cerâmico. A tecnologia de leito fluidizado possui uma série de características atraentes em relação à incineração: redução de substâncias perigosas no reator de leito fluidizado, alta eficiência térmica, flexibilidade em relação à entrada de múltiplos combustíveis e custo. A principal desvantagem para o tratamento de resíduos é a necessidade do processo de pré-tratamento dos materiais para atender aos requisitos bastante rigorosos de tamanho, valor calorífico, teor de cinzas, e assim por diante. Devido ao conteúdo heterogêneo dos RSU, pode ser difícil produzir um combustível que atenda aos requisitos mínimos em qualquer ponto. Assim, o leito fluidizado é amplamente aplicado à incineração de resíduos classificados como CDR e lodos de esgoto.

A energia gerada pela incineração deixa o forno como gás de combustão a uma temperatura de aproximadamente 1.000-1.200°C, que então é resfriado por uma caldeira onde a energia liberada da incineração é inicialmente recuperada como água quente ou vapor. Incineradores podem gerar entre 475 kWh e 800 kWh de energia excedente por tonelada de RSU (CONSONNI,2005; KLEIN, 2002).

Figura 24. Usina elétrica de classificação e incineração de resíduos de Lujiaoshan (Pequim, China)



#### 4.1.3 PIRÓLISE

O processo denominado pirólise, ocorre em temperaturas relativamente mais baixas quando comparado à incineração, podendo variar entre 250 °C e 500 °C, tendo por subprodutos o carvão, óleo pirolítico (ou bio-óleo), e um gás, composto por hidrogênio (H<sub>2</sub>), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO) e metano (CH<sub>4</sub>) (CHHITI; KEMIHA, 2013).

Pode ser definida também como o aquecimento de um combustível (RSU) a determinada taxa de aquecimento até atingir uma temperatura máxima, denominada temperatura de pirólise. Após atingir essa temperatura deve-se mantê-la por um tempo específico.

O processo ocorre na total ausência de oxigênio (ou numa quantidade tão pequena que não permite ocorrer a gaseificação) e pode ou não ser realizado na presença de um gás mediador, como o nitrogênio.

Este processo necessita de energia externa para ser iniciado, porém alguns de seus produtos como o carvão, que possui um alto valor energético, pode ser utilizado através da sua queima para fornecer energia para dar continuidade ao processo. Dependendo das condições de reação, ele produz diferentes quantidades de produtos sólidos, líquidos ou gasosos (BASU, 2010).

Durante a pirólise, a absorção de energia térmica do meio reacional excita ligações e ocasiona rompimento inicial das ligações mais fracas, seguindo-se da despolimerização das estruturas químicas que compõem a matéria-prima.

Estas reações sequenciais iniciais, conhecidas como reações primárias, são responsáveis pela formação de voláteis, que, condensados, originam o bio-óleo, os gases não condensáveis e o carvão, este último que resulta de parte da matéria-prima que não se volatiliza.

Com a permanência destes produtos gerados a elevadas temperaturas ocorrem novas reações denominadas secundárias que formam gases leves e outros compostos de menor massa molecular e o tamanho dessas partículas influenciam diretamente no produto final (PEREZ et al., 2004).

Pirólise é um processo similar à gaseificação, mas ocorre na ausência de oxigênio e entre temperaturas de 400 °C - 900 °C, gerando gás de pirólise e coque.

A pirólise é um estágio do processo de gaseificação, mas pode ser aplicada por si só como uma forma de tratamento de resíduos. Seus principais combustíveis são RSU e CDR, mas, devido às altas temperaturas, pode tratar também resíduos perigosos e lodo de esgotos desidratado.

O valor calorífico do gás de pirólise fica entre 5 MJ/m<sup>3</sup> e 15 MJ/m<sup>3</sup> para RSU e entre 15 MJ/m<sup>3</sup> e 30 MJ/m<sup>3</sup> para CDR.

Tipos de combustíveis:

- Resíduos Sólidos Urbanos (RSU).
- Resíduos Industriais & Comerciais.
- Combustível Derivado de Resíduos (CDR).
- Outros combustíveis, como madeira e outros tipos de biomassa.

Produtos gerados:

- Eletricidade ou calor – ou os dois se for uma planta de geração combinada de calor e eletricidade (CHP).
- Syngas, que pode ser purificado e produzir “biometano”, biocombustíveis, químicos ou hidrogênio.
- Bio-óleo – pode ser usado nas engrenagens ou substituir o diesel.
- Insumo para a indústria química – permitindo que a biomassa substitua o óleo na produção de plásticos, por exemplo.
- Cinzas de fundo, escórias – subprodutos que podem ser utilizados para fins benéficos, como agregados ou material de leito de estrada.

#### 4.1.4 GASEIFICAÇÃO

As plantas de gaseificação e a pirólise, também denominadas Tratamentos Térmicos Avançados (ATTs), realizam o tratamento térmico dos combustíveis impedindo a entrada suficiente de oxigênio para a completa combustão. São pequenas e mais adaptáveis do que as plantas de incineração, consumindo entre 25.000 e 150.000 t/ano de resíduos, mas algumas chegam a 350.000 t/ano.

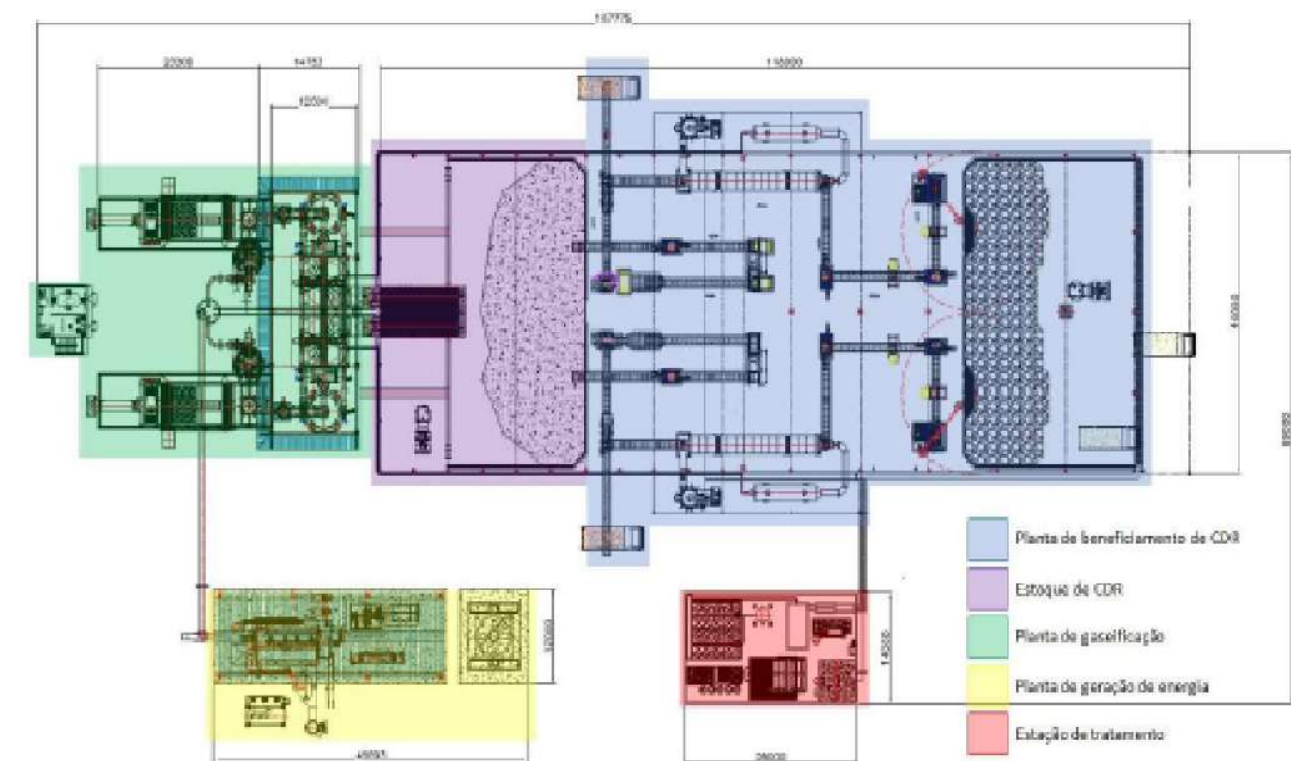
A gaseificação pode ser definida como o processo de conversão termoquímica de um material sólido ou líquido (que contém carbono na sua composição) em um combustível gasoso, através da oxidação parcial a temperaturas elevadas (reações termoquímicas numa faixa de temperaturas de 800 a 1.100 °C), e em pressões atmosféricas ou maiores, até 33 bar (CONAMA, s.d.).

Utiliza-se um agente de gaseificação que pode ser ar, vapor de água, oxigênio ou uma mistura destes, em quantidades inferiores à estequiométrica (mínimo teórico para a combustão).

Segundo (WARNECKE, 2000), a gaseificação pode ser definida como um processo termoquímico localizado em uma região paramétrica entre a combustão e a pirólise. Neste sentido, este processo é entendido como o tratamento termoquímico que, diferentemente da combustão, não permite a oxidação completa do carbono e do hidrogênio presentes no combustível em CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O, respectivamente, dando origem a compostos combustíveis, tais como CO, H<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub>. Além dos gases mencionados anteriormente, o gás produzido também inclui produtos típicos de combustão: CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, O<sub>2</sub> (em quantidades mínimas) tais como o eteno (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>), o etano (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>), entre outros.

A pirólise constitui a primeira fase do processo, na qual se forma carvão vegetal, alcatrão e gases. Em paralelo, uma fração pequena da biomassa é oxidada, a fim de elevar a temperatura de reação até valores compreendidos entre 800 e 1.200 °C, dependendo principalmente da quantidade e do tipo de agente de gaseificação fornecido. Assim, é possível atingir o nível de temperatura adequado, tanto para o desenvolvimento da etapa de pirólise como para a gaseificação propriamente dita dos produtos gerados na pirólise.

A Figura 25. Esquema das etapas do processo de gaseificação de biomassa.



A gaseificação, portanto, é uma combinação de oxidação parcial e volatilização dos compostos orgânicos contidos, que ocorre em condições de temperatura similares à da incineração e converte a fração orgânica da mistura em syngas, um gás combustível sintético, sob condições controladas de calor e oxigênio.

Devido ao aumento da temperatura desenvolvida durante a gaseificação, os óxidos complexos e possivelmente os materiais perigosos produzidos durante a combustão são divididos em gases simples (ADVANCED ENERGY STRATEGIES, 2004).

O syngas produzido pelo processo de gaseificação possui uma variedade de aplicações, como a produção de diversos produtos químicos, incluindo metanol e amônia (BELGIORNO, 2003).

Tanto o syngas quanto o gás de pirólise podem ser queimados para gerar calor ou converter água em vapor para rodar as turbinas. O gás também pode ser usado em motores de combustão para operar o gerador; se o syngas for purificado, ele pode ser usado em uma turbina de gás de ciclo combinado com potencial para maior eficiência (BELGIORNO, 2003).

O processo de gaseificação possui potencial para produzir entre 600 kWh e 1.000 kWh de eletricidade excedente por tonelada de RSU (KLEIN, 2002; SRI INTERNATIONAL, 1992).

A gaseificação é adequada para o tratamento de RSU de composição homogênea, certos resíduos perigosos e lodos de esgoto desidratados.

É importante considerar nesse processo o tamanho e a consistência dos resíduos para assegurar que estão dentro dos limites predefinidos, o que demanda certo pré-tratamento específico.

#### 4.1.4.1 GASEIFICAÇÃO POR PLASMA

Na gaseificação por plasma é utilizada uma tocha de plasma alimentada por um arco elétrico para a gaseificação dos resíduos.

O plasma térmico é uma mistura de íons, elétrons e partículas neutras, e é capaz de destruir qualquer ligação química. Sua criação ocorre pela ionização de um gás devido à criação de um arco elétrico sustentável entre o cátodo e o ânodo de uma tocha de plasma. As moléculas gasosas forçadas a colidir com elétrons carregados resultaram na criação de partículas carregadas que conduzem a eletricidade. O plasma está próximo do equilíbrio local devido à alta mobilidade dos elétrons, que mantêm as partículas pesadas (íons, átomos e moléculas) à mesma temperatura, enquanto dada energia elétrica é captada pelos elétrons e transferida para as partículas pesadas por colisão elástica.

O plasma pode ser gerado por corrente contínua, descarga elétrica, radiofrequência e descargas de micro-ondas.

Para o tratamento de resíduos, o plasma é gerado preferencialmente por descarga elétrica de corrente contínua, utilizando dois tipos de dispositivos: arco transferido e não transferido, sendo este último utilizado com maior frequência, uma vez que permite a boa mistura do plasma e dos resíduos, e não requer os fluxos elevados de calor para o tratamento de resíduos.

As principais vantagens da gaseificação por plasma são:

- a) Altas densidades;
- b) Altas temperaturas permitidas.
- c) Alta taxa de transferência de calor e reagentes.
- d) Dimensão menor das instalações.
- e) Arranque e desligamento rápidos.

O principal inconveniente desta tecnologia é o uso de eletricidade, pois é uma forma muito cara de energia. Além disso, há uma falta de dados sobre a confiabilidade do tratamento com plasma que poderia impedir seu desenvolvimento em grandes escalas (DUCHARME, 2010).

A gaseificação por plasma tem sido estudada há muito tempo por cientistas e engenheiros para a sua utilização no tratamento de resíduos, devido à sua capacidade única de vaporizar e destruir qualquer ligação química, mas atualmente a única instalação comercial por arco de plasma que trata RSU é no Japão, em Utashinai, operado por Hitachi Metals e Alter NRG.

#### 4.1.5 DIGESTÃO ANAERÓBIA (DA) / BIOGÁS

A Digestão Anaeróbia (DA) é o processo de transformação de materiais orgânicos em metano, dióxido de carbono e fertilizantes, ocorrendo em ambiente natural ou realizada em um digestor.

A maior parte dos sistemas de DA demanda o pré-tratamento dos resíduos de forma a obter uma mistura homogênea, após a segregação dos materiais indesejados e trituração.

Os resíduos recebidos são geralmente segregados na fonte ou segregados mecanicamente o que garante a remoção de materiais indesejados, como vidros, metais, pedras etc.

Na separação na fonte, evita-se a mistura dos resíduos orgânicos com outros tipos de resíduos; já a segregação mecanizada realizada a separação do que foi misturado.

Portanto, a digestão anaeróbia é um processo de três etapas em que as bactérias convertem os compostos orgânicos em moléculas solúveis, que depois são convertidas em ácidos orgânicos e estes são finalmente transformados em biogás, cuja composição inicial é de metano e dióxido de carbono.

O biogás pode ser captado e utilizado para a geração de calor e eletricidade (THEMELIS; ULLOLA, 2007) e um digestor pode gerar entre 140 kWh e 150 kWh de eletricidade excedente (MURPHY; MCKEOGH, 2004).

Plantas de DA operam a baixas temperaturas para permitir que os microrganismos atuem sobre a matéria-prima e a transformem em biogás, uma mistura de dióxido de carbono e metano. Costumam ser bem menores que as plantas de incineração e gaseificação, e os resíduos mais apropriados são os orgânicos mais úmidos, como alimentos, lodo de esgoto, resíduos da agricultura e de culturas energéticas.

Tipos de combustíveis:

- Resíduos de alimentos.
- Alguns tipos de resíduos industriais e de comércio, como os de abatedouros.
- Resíduos agrícolas e lodo de esgotos.



Produtos gerados:

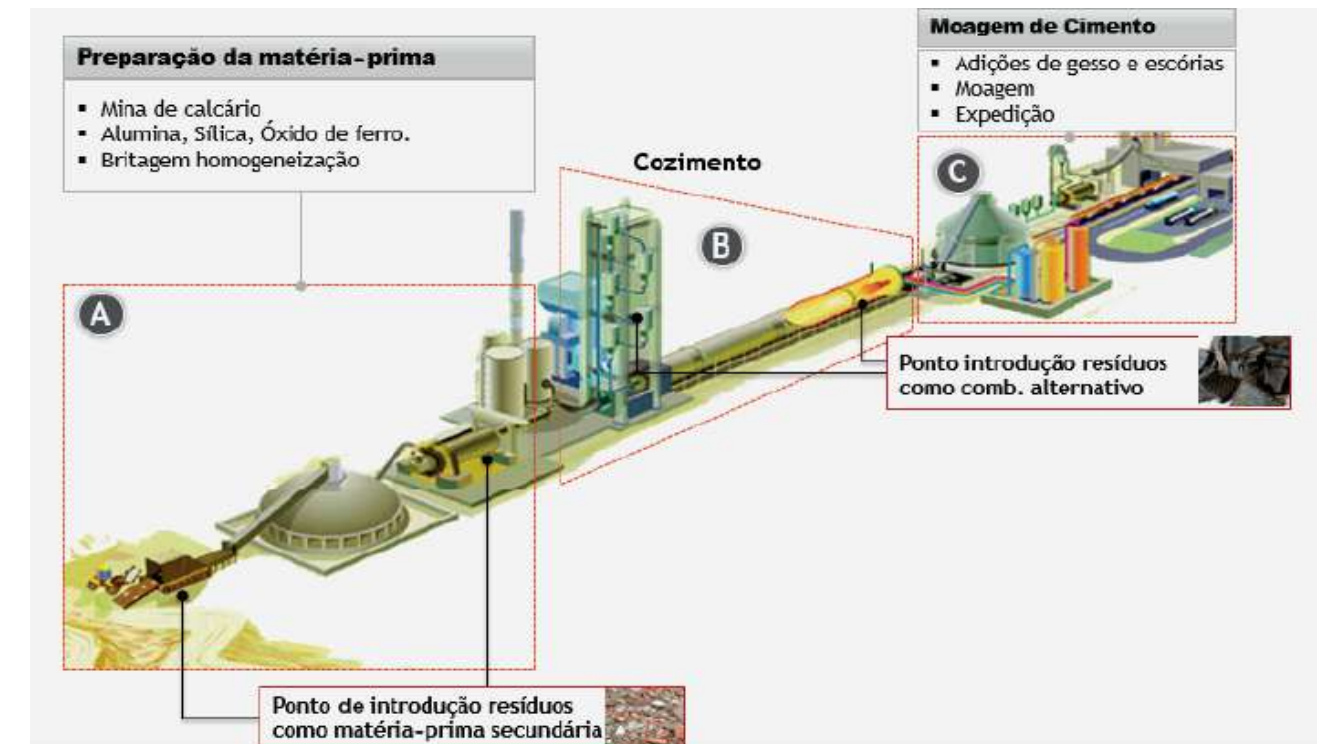
- Biogás, que pode ser usado para gerar eletricidade e/ou calor – a geração combinada (CHP) é comumente realizada nessas plantas.
- Biometano para a rede de distribuição de gás, com as tecnologias apropriadas de lavagem e injeção de gases.
- Digestato – material que pode ser usado como fertilizante/condicionador de solo na agricultura, em substituição aos fertilizantes químicos.

#### 4.1.6 COPROCESSAMENTO EM FORNOS DE CLÍNQUER

O coprocessamento em fornos de clínquer consiste na utilização de resíduos como substitutos de combustíveis e matérias-primas convencionais no processo de fabricação de cimento, sem geração de cinzas.

A porção orgânica dos resíduos é destruída e a inorgânica incorporada à estrutura do clínquer.

Figura 26. Processo da produção de clínquer com pontos de alimentação de resíduos para coprocessamento



Tipos de combustíveis:

- Resíduos industriais e comerciais;
- Blends (mistura de resíduos com características apropriadas);
- CDR;
- Biomassa;
- Pneus;
- Resíduos sólidos urbanos tratados.

Coprocessamento é eliminação definitiva de resíduos pela sua integração na produção de cimento como matéria-prima secundária ou combustível alternativo. É uma técnica de

destinação de resíduos, de forma definitiva, sem gerar passivos ambientais aproveitando o potencial energético e/ou mineral do material.

A técnica de coprocessamento utiliza os resíduos devidamente preparados que são alimentados em diferentes fases no processo de produção do clínquer, para serem usados com substitutos das matérias-primas naturais e/ou combustíveis fósseis.

A produção de cimento consiste na obtenção de minerais, por via da mineração de calcário e de argila fonte de ferro, sílica e alumínio, que passam por um processo de britagem e moagem ao qual podem ser adicionados corretivos (areia, minério de ferro e de alumínio, calcário de alto teor, etc.) até a obtenção de um pó muito fino, conhecido como “farinha”.

Após homogeneização, a farinha passa pelo forno, onde sofre um processo térmico controlado (temperatura mínima requerida 1.450°C) para obtenção de um subproduto denominado clínquer. Neste processo térmico, os combustíveis assumem um papel preponderante, podendo ser ou de origem fóssil – e como tal não renováveis – ou resíduos com poder energético (ex.: pneus usados, resíduos urbanos tratados, borras oleosas, rejeitos de biomassa etc.). As cinzas resultantes do processo de combustão são também reincorporadas no processo. O clínquer, juntamente com o gesso e outros aditivos, são moídos, finalmente, dando origem aos diversos tipos de cimento.

Por essas características, os resíduos têm seu potencial energético totalmente aproveitado e as cinzas incorporadas ao clínquer sem geração de nenhum subproduto ou novo resíduo.

A vantagem do coprocessamento face à maioria das alternativas de destinação de resíduos assenta-se fundamentalmente no fato de:

- Apresentar uma valorização dos resíduos.
- Não desperdiçar recursos, uma vez que os reutiliza como matérias-primas e combustíveis.
- Não apresentar riscos de contaminação do solo e lençóis freáticos e outros associados.
- Não trazer impactos negativos para a sociedade (ex.: odor, ocupação de terrenos por períodos longos).
- Ser a mais eficiente na recuperação do calor.
- Requerer menores investimentos específicos para eliminação de resíduos.
- Submeter os resíduos a temperaturas muito mais elevadas (mínima de 1.450°C), em ambiente altamente controlado, garantindo a sua combustão completa.
- Possibilitar a redução da emissão de gases de efeito estufa (CO<sub>2</sub>) e um controle rigoroso de emissões.
- Não gerar qualquer resíduo (cinzas e escórias são reincorporados ao cimento sem alterar a sua qualidade ou composição química).
- Preservar recursos naturais não renováveis.
- Contribuir com a economia circular.

A utilização dos fornos de clínquer, para recuperar a energia e a parte mineral dos resíduos, tem dado à indústria de cimento um novo e relevante papel no âmbito da promoção da sustentabilidade e do equilíbrio ambiental, contribuindo ainda com a redução dos gases de efeito estufa.

O coprocessamento representa, em muitos casos, a solução mais eficiente e econômica para a gestão de resíduos sem representar risco à qualidade do cimento e ao meio ambiente,

além de contribuir diretamente para o desenvolvimento sustentável do país, permitindo, ao mesmo tempo, tratar os resíduos, reduzir as emissões dos gases de efeito estufa e os consumos de matérias-primas naturais e combustíveis fósseis de origem não renovável.

#### 4.1.7 GERAÇÃO TERMELÉTRICA

As usinas de geração termoelétrica basicamente convertem a energia térmica em energia mecânica e depois em energia elétrica.

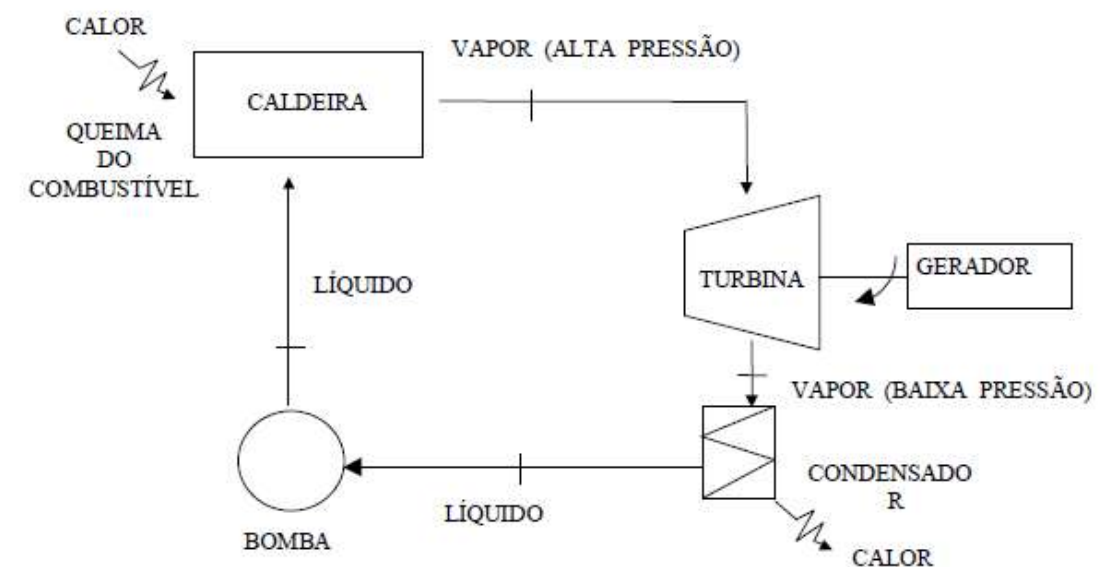
A conversão da energia em energia mecânica se dá através do uso de um fluido que produzirá trabalho em seu processo de expansão, em turbinas térmicas. A conversão da energia mecânica em elétrica se dá através do acionamento mecânico de um gerador elétrico acoplado ao eixo da turbina.

A produção da energia térmica pode se dar pela transformação da energia química dos combustíveis, através do processo da combustão, ou da energia nuclear dos combustíveis radioativos, através da fissão nuclear. Centrais cuja geração é baseada na combustão são conhecidas como termoelétricas e as outras citadas, como centrais nucleares. As centrais termoelétricas (convencionais), podem ser classificadas de acordo com o método de combustão utilizado. Pode-se distinguir:

- a) Combustão externa, em que o combustível não entra em contato com o fluido de trabalho. A combustão externa é um processo usado principalmente nas centrais termoelétricas a vapor, onde o combustível aquece o fluido de trabalho (em geral água) em uma caldeira até gerar o vapor que, ao se expandir em uma turbina, produzirá trabalho mecânico;

- b) Combustão interna, em que a combustão se efetua sobre uma mistura de ar e combustível. Dessa maneira, o fluido de trabalho será o conjunto de produtos da combustão. A combustão interna é o processo usado principalmente nas turbinas a gás e nas máquinas térmicas a pistão (motores Diesel, por exemplo).

Figura 27. Diagrama termelétrica



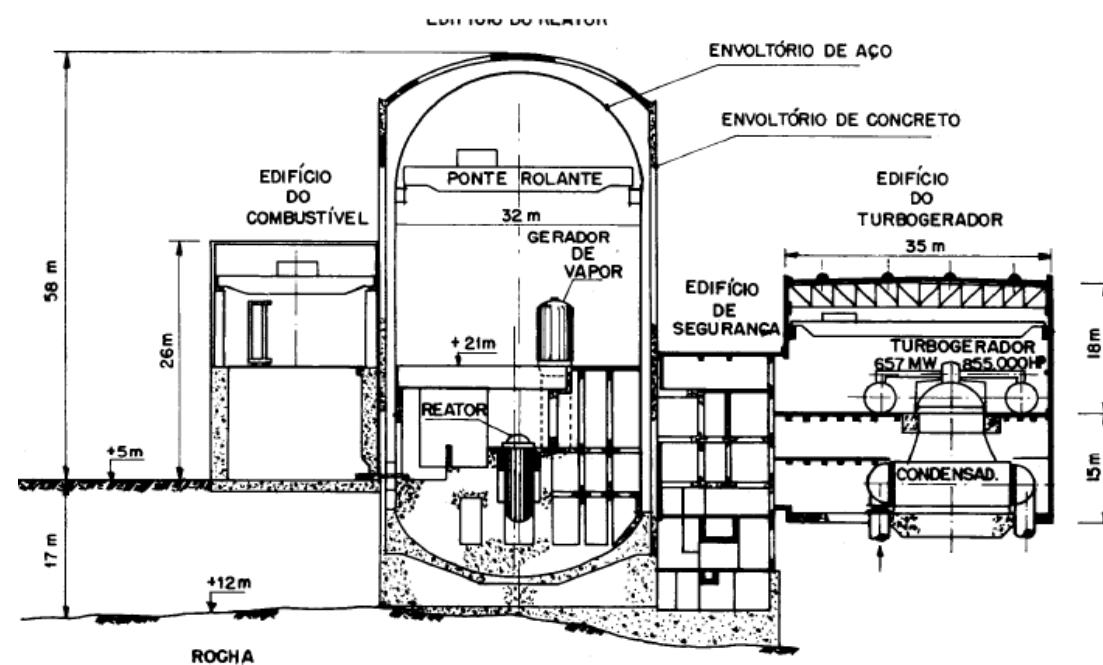
A figura 28 apresenta um diagrama simplificado de uma central termoelétrica com combustão externa (a vapor). A queima de combustível gera calor que transforma o líquido em vapor na caldeira. O vapor se expande (pressão passa de alta à baixa) na turbina a vapor, gerando energia. O vapor que sai da turbina vai ao condensador, onde calor é retirado e se obtém líquido. O líquido é bombeado de volta a caldeira, fechando o ciclo.

Os principais combustíveis usualmente aplicados nas centrais a vapor são o óleo, o carvão, a biomassa (madeira, bagaço de cana, **RSU**, ...) e derivados pesados de petróleo. Os

principais combustíveis usados nas máquinas térmicas a gás são o gás natural e o óleo Diesel.

Já no caso da central nuclear, o calor para o aquecimento da água não é produzido por processo de combustão, mas sim pela energia gerada pelo processo de fissão nuclear (reação nuclear controlada em cadeia).

Figura 28. Central nuclear de Angra dos Reis



Fonte: Centrais Hidro e Termelétricas, Souza / Fuchs / Santos – Ed. Edgar Blucher, São Paulo, 1977

A figura 29 apresenta o PWR ("Pressurized Water Reactor"- Reator à Água Pressurizada), um tipo de reator nuclear. Nesta, pode-se visualizar no interior do edifício do reator, o gerador

de vapor, conectado ao reator nuclear, que produz o calor, sendo que o restante do esquema é similar ao das centrais térmicas convencionais a vapor.

Obviamente existem outros tipos de configurações ou processos, mas sempre baseados nestes principais ou em uma combinação apropriada destes dois tipos. Além disso, em muitas aplicações, centrais térmicas são utilizadas para produção conjunta de eletricidade e vapor para uso no processo, no denominado sistema de cogeração.

A grande diversidade da geração termelétrica está principalmente nos combustíveis utilizados, que compreendem uma grande gama de recursos energéticos primários não renováveis e renováveis.

Tipos de combustíveis:

- Petróleo e seus derivados;
- carvão mineral;
- gás natural;
- nucleares
- biomassa.

A grande maioria destes combustíveis, os denominados combustíveis fósseis (derivados do petróleo, carvão mineral, gás natural), assim como os nucleares (elementos radioativos: urânio, tório, plutônio etc.) são classificados como fonte primária não renovável, devido ao enorme tempo necessário para sua reposição pela natureza. Outros podem ser utilizados como fontes renováveis, como a biomassa advinda de plantações manejadas ou através da recuperação energética (bagaço de cana de açúcar e RSU, por exemplo).

- **PETRÓLEO E SEUS DERIVADOS:** o petróleo, também conhecido como óleo cru, é encontrado, na maioria das vezes, em depósitos subterrâneos e é retirado através de poços. É formado basicamente por hidrocarbonetos, de fórmula geral  $C_nH_n$ , de onde saem, por destilação, seus inúmeros derivados. Sua utilização implica necessariamente em danos ambientais, pois emite óxidos de enxofre, nitrogênio, e de carbono, contribuindo para o efeito estufa.

Hoje, o petróleo é o principal componente da matriz energética mundial, apresentando baixo custo e uma ampla gama de utilização em diversos setores. Seu uso implica não somente nos custos decorrentes de sua importação, mas também nos danos ambientais e na dependência e vulnerabilidade estratégica dos países desenvolvidos em relação aos do Oriente Médio, onde se encontram as maiores reservas de petróleo do mundo.

A preocupação com o meio ambiente, principalmente o aquecimento global associado à emissão dos gases estufa (sendo o CO<sub>2</sub> o carro chefe), estimularam a busca de alternativas energéticas ao seu uso, embora seu custo apresente tendência de queda.

Em termos mundiais, a energia elétrica é responsável por 20% do consumo de petróleo, sendo o óleo diesel utilizado apenas para geração em locais distantes e de difícil acesso para a rede elétrica.

- **CARVÃO MINERAL:** o carvão mineral já era conhecido e utilizado na China em 1100 a.C., mas só passou a ser difundido com o advento da Revolução Industrial no século XVII, como fonte de energia para as máquinas a vapor. Sua utilização foi necessária devido à crise da madeira combustível no século XVI.

Hoje o carvão mineral ocupa a segunda posição na matriz energética mundial, devido principalmente ao seu baixo custo. Os custos variam de região para região, principalmente pelo peso que o transporte tem no seu custo final. Por se tratar de um combustível sólido, apresenta custos maiores que o do transporte do petróleo, que é líquido e pode ser transportado através de oleodutos. Essa diferença de custos e característica rígida da produção de carvão, fazem com que apenas 10% da produção mundial seja comercializada internacionalmente.

É altamente poluente, e, embora as emissões de Nox e Sox possam ser reduzidas, a grande quantidade de CO<sub>2</sub> emitida traz enormes impactos sobre o meio ambiente, ao contrário da biomassa, que absorve o CO<sub>2</sub> emitido.

Deve-se ressaltar que 50% do seu consumo é voltado para a geração de energia termelétrica, mostrando-se as vantagens ambientais de se substituir tal combustível na geração de energia elétrica.

- **GÁS NATURAL:** o gás natural é o nome dado a uma mistura de hidrocarbonetos e impurezas, sendo basicamente composto pelo metano (seu principal componente), etano, propano, butano e outros mais pesados. As impurezas e contaminantes (dióxido de carbono e gás sulfídrico) são removidos antes de sua utilização comercial.

O GN é hoje o terceiro combustível na matriz energética mundial, e pode, com exceção do querosene de aviação, substituir qualquer combustível sólido, líquido ou gasoso. Embora seja uma fonte não renovável, sua composição faz com que seja muito pouco poluente, basicamente emissão de CO<sub>2</sub>, apresentando relevantes benefícios ambientais na substituição do petróleo e carvão mineral. Tal substituição, no entanto, vem ocorrendo moderadamente, devido ao alto custo inicial da construção da malha de gasodutos necessária para o transporte do GN, que o encarece frente aos preços do petróleo e carvão mineral, sendo este o maior entrave à sua ampla utilização.

O GN alimenta aproximadamente 12,8% das termelétricas mundiais, mas que são responsáveis por menos de 3% da energia elétrica primária produzida no mundo. Embora ainda seja um montante tímido, a tendência é de aumento deste número, seja por questões ambientais, seja para diminuição da dependência do petróleo e carvão mineral.

- **COMBUSTÍVEIS NUCLEARES:** a energia nuclear aproveita a propriedade de certos isótopos de urânio de se dividirem, liberando grande quantidade de energia térmica, em um processo conhecido como fissão nuclear. A energia atômica também pode ser utilizada através de um processo conhecido como fusão nuclear, baseado não na quebra, mas na junção de núcleos atômicos. Embora a quantidade de energia liberada seja muito alta, este processo não apresenta tecnologia que permita seu aproveitamento comercial.

O urânio se apresenta, na natureza, associado a outros elementos. Na maioria das centrais é necessário que o combustível nuclear passe pelo processo conhecido como enriquecimento do urânio, que demanda grande tecnologia.

Aproximadamente 75% da produção mundial de urânio é objeto de trocas internacionais, sendo que a baixa taxa de crescimento dos programas nucleares fez com que houvesse um excedente do produto, que hoje apresenta baixos preços. Vale lembrar que o custo urânio tem pouca influência no custo do kWh da energia nuclear, além de existir a dependência com relação aos países que dominam a tecnologia para seu enriquecimento.

- **BIOMASSA:** a biomassa é aproveitada energeticamente através do uso do etanol, bagaço de cana, carvão vegetal, óleo vegetal, Resíduos Sólidos, lenha e outros.

Historicamente, a biomassa vem sendo substituída pelos combustíveis fósseis, desde o século XVI, com a crise da madeira combustível na Inglaterra.

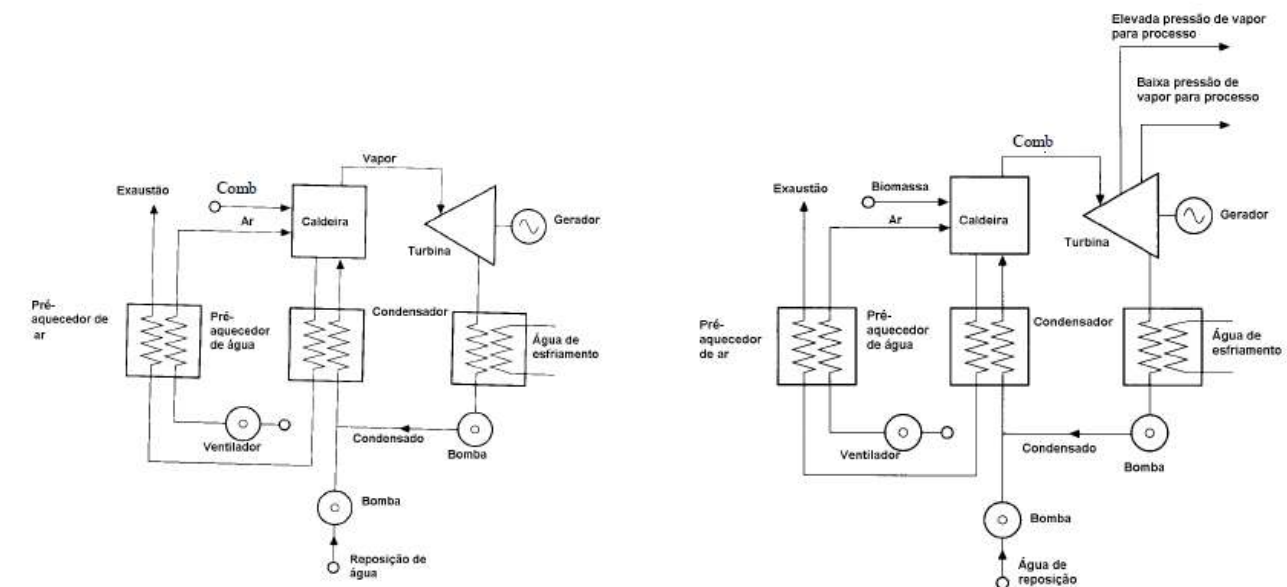
A biomassa é uma fonte de energia renovável (quando manejada adequadamente) e apresenta balanço zero de emissões, pois não emite óxidos de nitrogênio e enxofre, e o CO<sub>2</sub> emitido na queima é absorvido na fotossíntese, apresentando vantagens ambientais inexistentes em qualquer combustível fóssil. Tais características devem, futuramente, reverter a tendência de troca de combustíveis, passando a biomassa a retomar espaços ocupados pelo petróleo e o carvão mineral.

Apresentaremos, de forma sucinta, os principais tipos de Centrais Termelétricas, constando de Centrais Diesel, Centrais a Vapor (não nucleares), Centrais Nucleares, Centrais a Gás.

- **CENTRAIS A DIESEL:** são muito usadas em potências até 40 MW. No Brasil, seu uso é disseminado para alimentação de sistemas isolados, em regiões longínquas sem outra fonte de geração (Amazônia, Rondônia etc.). Apresentam limitações relacionadas com: potência, ruído, vibração. Têm como vantagens, a rápida entrada em carga, a fácil operação, o fácil plano de manutenção. E, como problemas: a dificuldade de aquisição de peças de reposição e seu transporte, assim como, principalmente nos locais distantes, os altos custos do combustível.

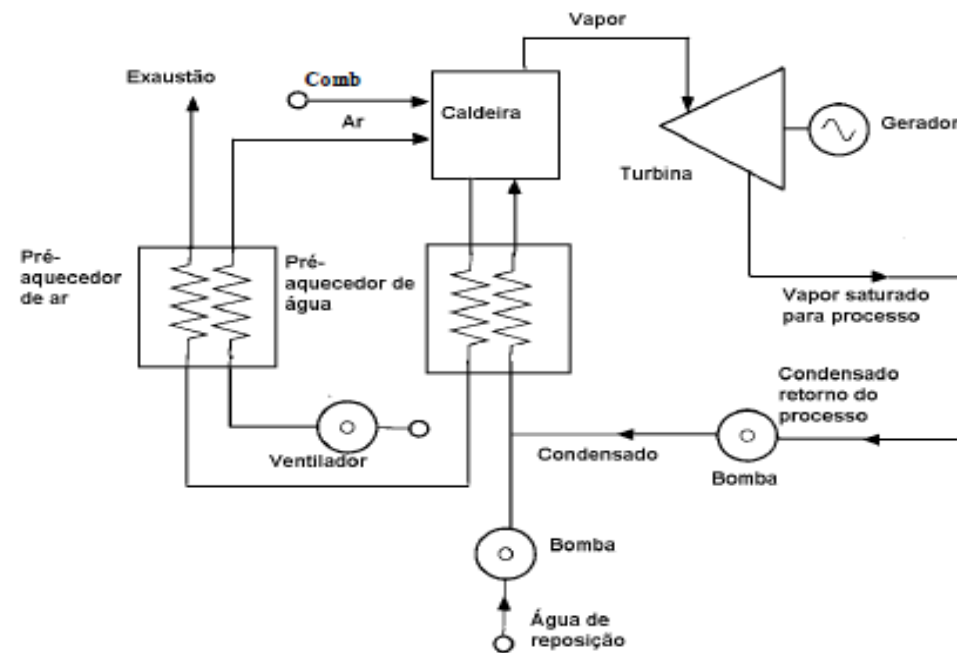
- **CENTRAIS A VAPOR (NÃO NUCLEARES):** podem trabalhar tanto em ciclo aberto como em ciclo fechado. A operação em ciclo aberto é bastante comum quando se pretende utilizar calor (vapor) para o processo. Quanto à operação em ciclos fechados, pode-se operar somente com um fluido de trabalho, ou com mais de um fluido de trabalho (operação em ciclos superpostos).

Figura 29. Ciclo de turbina a vapor por condensação para somente produção de eletricidade



Fonte: Renewable Energy, Burnham / Johanson / Kelly / Reddy / Williams – Ed. Island Press, Washington, USA, 1992.

Figura 30. Turbina a vapor de contrapressão para cogeração de calor e eletricidade usando biomassa como combustível.



Fonte: Renewable Energy, Burnham / Johanson / Kelly / Reddy / Williams – Ed. Island Press, Washington, USA, 1992.

- CENTRAIS NUCLEARES: existem diferentes tecnologias de reatores nucleares, das quais se apresenta, a seguir, algumas de maior interesse, devido à aplicação atual no mundo:
- ☐ Reatores a água leve: A tecnologia atual dos reatores a água leve (LWR – Light Water Reactor) comprovou ser econômica, segura e confiável. Mais de 75% de todas as usinas nucleares em operação no mundo atualmente utilizam LWRs, sendo projetadas e construídas unidades com capacidade superior a 900 MWe. A tecnologia aprimorada dos

PWR (Pressurized Water Reactor), com água a alta pressão, permite construção de unidades de até 1400 MWe;

- ☐ Reatores a água pesada: Os reatores refrigerados e moderados a água pesada (HWR – Heavy Water Reactor) são, também, reatores econômicos, seguros e confiáveis. Foi estabelecida em alguns países uma base regulatória e de infraestrutura, principalmente no Canadá, Argentina e Índia. Cerca de 8% das unidades em operação no mundo utilizam esse tipo de reator. Como variantes deste tipo de reator podemos citar os reatores a tubos de pressão e a vasos de pressão. A capacidade máxima atingida em usinas com este tipo de reator é de 900 MWe, sendo que o tamanho físico é o principal limitador da expansão da capacidade. Há possibilidade de se melhorar a economia do ciclo do combustível tanto dos HWR's como dos PWR's, ao se empregar o combustível utilizado dos PWR's que ainda possui reatividade residual nos HWR's. Esta concepção é denominada ciclo "Tandem" e está atualmente sendo desenvolvida na Coreia. Caso esta concepção se torne viável técnica e economicamente há grandes possibilidades de utilização em regiões que possuem os dois tipos de usinas, como por exemplo, o Brasil (PWR) e a Argentina (HWR);

- ☐ Reatores refrigerados a metal líquido / Reatores super regenerados rápidos (Fast Breeder Reactors): O desenvolvimento dos reatores super regenerados rápidos resfriados a metal líquido não ganharam ímpeto esperado devido ao aumento da disponibilidade dos recursos de urânio a baixo custo para atendimento da demanda a curto e médio prazos. A utilização desta tecnologia no cenário nuclear, é, no entanto, bastante atrativa, uma vez que constitui o único meio de melhor utilizar as reservas de urânio, pois tem rendimento muito superior aos outros tipos de reatores.

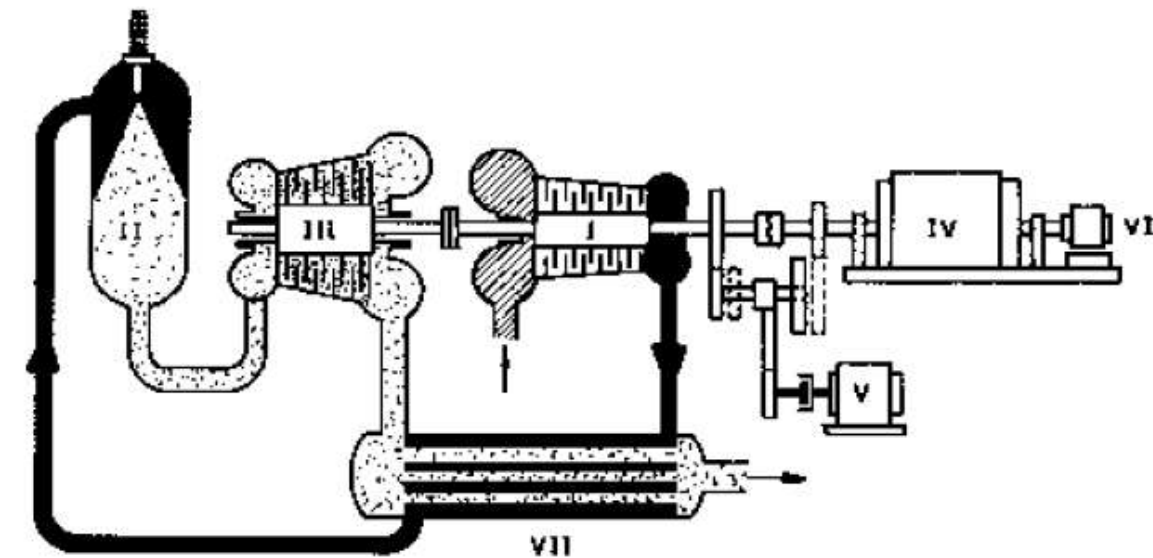


- **CENTRAIS A GÁS:** são máquinas acionadas pela expansão dos gases quentes produzidos numa câmara de combustão, segundo um ciclo térmico denominado Brayton. A turbina a gás atinge eficiências termodinâmicas bem mais elevadas que a turbina a vapor porque o pico do ciclo de temperatura das modernas turbinas a gás (aproximadamente 1260°C para a melhor turbina para aplicações estacionárias no mercado) é bem mais elevada (aproximadamente 540°C para ciclos a vapor). Uma vantagem termodinâmica inerente das turbinas a gás é aproveitar o calor de escape delas para por exemplo produzir vapor numa caldeira de recuperação, que pode ser usada em processos industriais numa configuração de cogeração.

Existem dois tipos básicos de turbina a gás:

- ☐ Turbinas aeroderivativas: baseadas na tecnologia adotada para propulsão de aeronaves. Compacta e de peso reduzido, estas unidades exibem alta confiabilidade e tempo reduzido de manutenção, elevado rendimento tornando-se atrativas para ambas aplicações como cogeração e geração elétrica apenas. Neste último caso são mais apropriadas para atendimento de picos de demanda ou funcionar em regime de emergência.
- ☐ Turbinas Industriais ("heavy-duty"): são de construção mais robusta, apresentando maior resistência à ambientes agressivos, sendo indicadas para operação na base.

Figura 31. Exemplo de instalação de turbina a gás - Fonte: Centrais Hidro e Termelétricas, Souza / Fuchs / Santos – Ed. Edgar Blucher, São Paulo, 1977



Esquema de uma instalação com turbina a gás em circuito aberto, estacionária, com recuperação; I turbocompressor; II câmara de combustão; III turbina a gás; IV alternador; V motor de arranque; VI excitatriz; VII recuperador de calor.

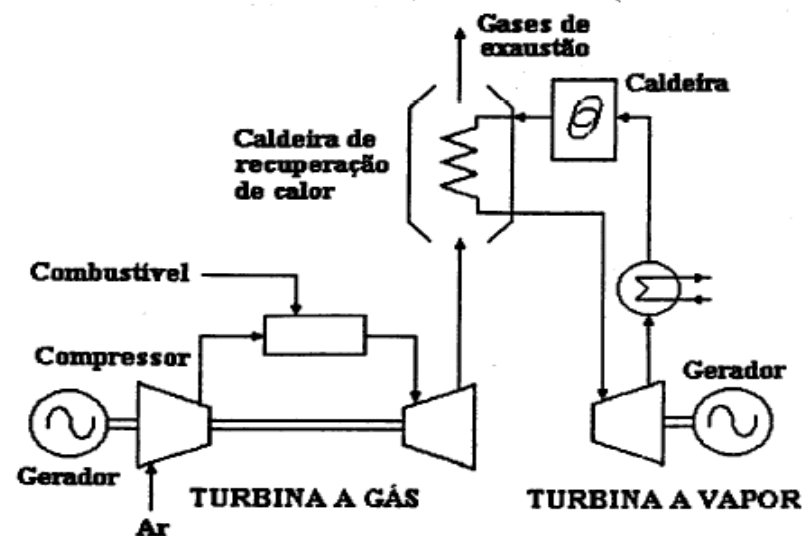
Com vistas à maior eficiência energética e melhor desempenho ambiental tem sido cada vez mais utilizado o princípio de ciclos combinados com turbinas a gás e turbinas a vapor.

As técnicas de ciclo combinado permitem a redução do consumo específico de combustível e a consequente redução das emissões de CO<sub>2</sub>. Das perdas totais de um sistema termelétrico convencional a vapor, 10% referem-se à caldeira e cerca de 55% ao calor contido no vapor de exaustão nas turbinas a vapor. O vapor de exaustão das turbinas de condensação utilizadas nas usinas termelétricas apresenta temperaturas entre 30 e 45 °C, contendo por volta de 610 kcal/kg de vapor, calor este que será praticamente todo dissipado

nas torres de resfriamento para o meio ambiente, representando grande energia térmica perdida. Para tornar essa energia utilizável, pode-se promover um escape com temperaturas mais elevadas, de 200 a 300 °C, ou utilizar turbina a gás no processo, cujo calor de exaustão representa temperatura acima de 500°C. Dessa forma, a quantidade de calor perdida pode ser recuperada através do processo de cogeração, cada vez mais utilizado em todo mundo.

O ciclo combinado consiste num processo que gera energia conjugando o ciclo de Brayton (turbina a gás) com o ciclo de Rankine (vapor). Ou seja, o calor recuperado dos gases de exaustão é utilizado para acionar uma turbina a vapor. Este é o mais eficiente dos processos existentes atualmente.

Figura 32. Ciclo combinado - diagrama simplificado



Os ciclos combinados podem ser formados por combinação de diferentes tipos de gás e combustíveis para gerar o vapor. Devido à possibilidade de gaseificação do próprio

combustível gerador do vapor, considera-se interessante ressaltar dois tipos de combustível, o carvão mineral e a biomassa, o que é efetuado a seguir:

#### ☐ Gaseificação do Carvão Mineral

Destacam-se dois processos, dentro da técnica do ciclo combinado:

- Combustão fluidizada a alta pressão e;
- Gaseificação e combustão fluidizada em sistema de ciclo combinado.

Se considerada sua aplicação aos carvões brasileiros, o segundo processo teria seu caminho crítico passando pela adequação de um processo de gaseificação às características destes carvões. Os rendimentos alcançáveis através deste processo de geração podem atingir 50% caracterizando um consumo específico de carvão menor do que o obtido em um processo termelétrico convencional.

A questão ambiental volta a oportunizar a utilização destes processos, dirigida agora a uma maior eficiência no aproveitamento do carvão e simplificação dos sistemas de tratamento de efluentes.

#### ☐ Gaseificação da Biomassa

Uma alternativa promissora ao ciclo de turbina a vapor para geração com biomassa seria o uso das tecnologias de turbina a gás / gaseificação integrada da biomassa.

Este conjunto de tecnologias envolvem o casamento dos ciclos avançados de Brayton (turbina a gás) para geração elétrica ou cogeração, que já foram desenvolvidas para o gás

natural e outros combustíveis líquidos nobres, com gaseificadores fechados de biomassa, que podem ser baseados nos gaseificadores de carvão já desenvolvidos. Este tipo de esquema poderia trazer algumas vantagens ambientais para centrais com combustível biomassa, ajudando a superar algumas preocupações com relação à poluição local do ar e aquecimento global, desafios quanto a produção da biomassa de forma sustentável e preservação da diversidade biológica.

Como combustível, a biomassa são inerentemente mais limpa do que o carvão porque geralmente contém menos enxofre e cinzas. Todavia, estas emissões dependem da tecnologia utilizada.

A queima da biomassa sob algumas circunstâncias em áreas tropicais em países em desenvolvimento tem também contribuindo em mudanças no clima global, através de emissões especialmente de CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub>, e no depósito de ácidos, através da emissão de ácidos orgânicos.

Usando a tecnologia BIG/GT (Biomass-integrated/gás turbine technologies) para a geração de energia elétrica, a emissão de gases nocivos se daria em níveis muito baixos. A grande preocupação com a poluição local proveniente dos sistemas BIG/GT é com relação ao óxido de nitrogênio.

A emissão de CO<sub>2</sub> é praticamente zero se a biomassa for produzida de forma sustentável (com a quantidade de biomassa usada aproximadamente igual ao seu crescimento no mesmo período): O CO<sub>2</sub> liberado na combustão sob tais condições é igual ao extraído da atmosfera durante a fotossíntese.

Outra preocupação diz respeito a manutenção da diversidade biológica. Não há embutido nos sistemas que fazem uso da biomassa, uma forte proteção que promova a manutenção da diversidade biológica. Porém, o impacto da produção de bioenergia depende sensivelmente de como a biomassa é produzida. Se florestas nativas são substituídas por plantações de monocultura, há perda de substancial de biodiversidade. Porém, o status quo pode ser melhorado se as plantações forem estabelecidas em terras devastadas ou degradadas. Sem dúvida a biomassa proveniente dos resíduos sólidos urbanos se apresenta como uma fonte viável de combustível com diversos benefícios ambientais e de saúde.

#### ○ 4.2 TIPOS DE COMBUSTÍVEIS NA RECUPERAÇÃO ENERGÉTICA

Os processos projetados para uma faixa específica de insumos geralmente podem ser mais otimizados do que aqueles que recebem uma grande variedade de resíduos. Assim, existe um espaço para melhorias na estabilidade do processo e no desempenho ambiental do sistema e pode permitir uma simplificação de operações posteriores, tais como limpeza de gases de combustão, que representam aproximadamente 15% a 35% do investimento total de capital.

##### 4.2.1 INCINERAÇÃO

- RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU);
- RESÍDUOS INDUSTRIAIS & COMERCIAIS;
- COMBUSTÍVEL DERIVADO DE RESÍDUOS (CDR).

O tipo de insumo de um incinerador é importante para determinar a tecnologia a ser aplicada.

#### 4.2.2 GASEIFICAÇÃO, PLASMA & PIRÓLISE

- RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU);
- RESÍDUOS INDUSTRIAIS & COMERCIAIS;
- COMBUSTÍVEL DERIVADO DE RESÍDUOS (CDR);
- OUTROS COMBUSTÍVEIS, COMO MADEIRA E OUTROS TIPOS DE BIOMASSA.

Partindo do princípio de que as plantas de WTE precisam de um combustível para seus fornos, este insumo deve apresentar características específicas para trabalhar adequadamente e de acordo com o esperado.

Os principais condutores de uma planta bem operada são:

- a) A composição química (carbono, hidrogênio, cloro etc.);
- b) As características físicas (granulometria, formato etc.);
- c) As características térmicas (poder calorífico, umidade etc.).

A composição química dos resíduos desempenha papel importante, pois seu conteúdo é liberado na câmara de combustão e transferido para o gás de combustão, as cinzas de fundo e as cinzas volantes, o que demandará tecnologias avançadas adequadas de prevenção à poluição (limpeza dos gases etc.) dentro dos parâmetros ambientais.

A composição física dos resíduos, juntamente com as características térmicas, desempenha papel fundamental na operação adequada de uma planta WTE, uma vez que são os dois fatores que sustentam um processo de combustão sem combustível suplementar. Quanto menor o tamanho de partícula, maior o valor calorífico inferior e mais fácil é queimá-la completamente. De acordo com os padrões do Banco Mundial, o valor calorífico médio dos

resíduos deve ser de pelo menos 6 MJ/kg em todas as estações, enquanto o valor calorífico médio inferior não deve ficar abaixo de 7 MJ/kg/ano.

Os dois parâmetros que causam o menor poder calorífico dos insumos são:

- a) Umidade;
- b) Os materiais não combustíveis na mistura dos RSU.

O aumento do teor de umidade e de materiais não combustíveis resulta em valores caloríficos baixos, uma vez que a energia necessária para a sua vaporização não é libertada como valor de calor.

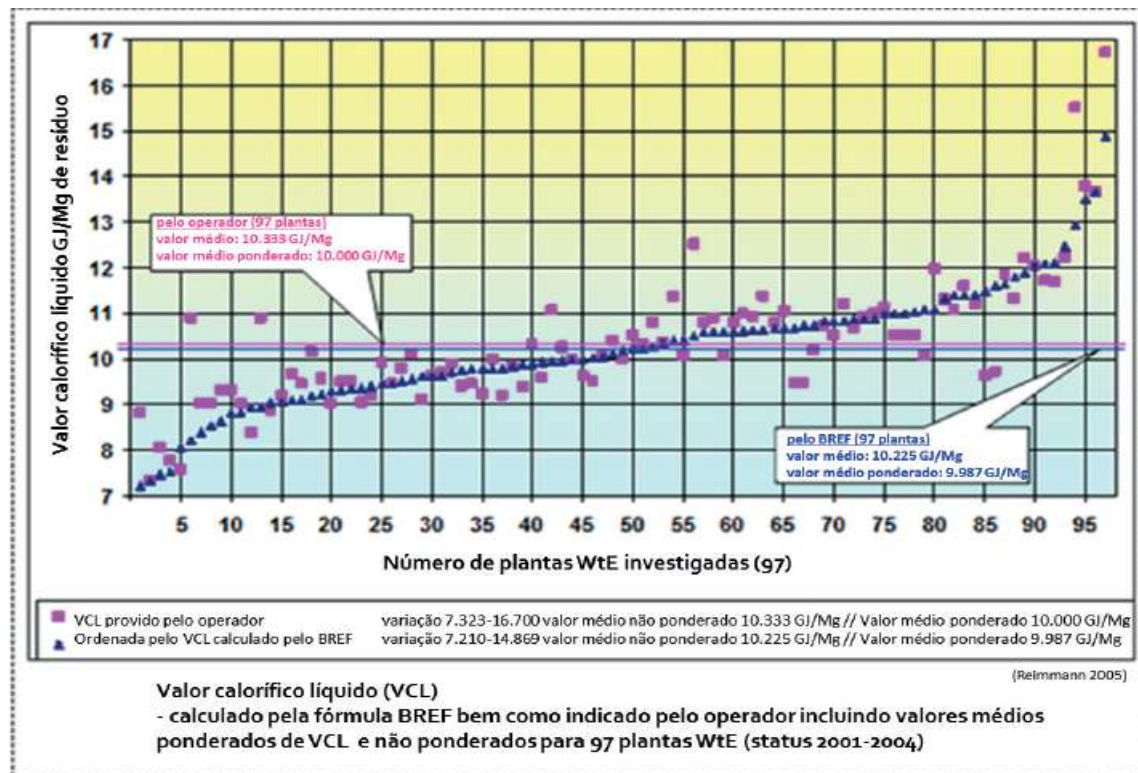
Os materiais não combustíveis na mistura dos insumos, principalmente vidro e metais, acabam nas cinzas de fundo, enquanto os vapores de água do processo de combustão e o teor de umidade do combustível se dispersam com os gases de combustão.

Em muitos países em desenvolvimento, os RSU têm alto teor de umidade e/ou materiais não combustíveis. Dessa forma, deve-se realizar um estudo exaustivo para determinar se é viável incinerar durante todo o ano, uma vez que as variações sazonais podem afetar significativamente a combustibilidade dos resíduos.

Resíduos das indústrias e dos comércios (exceto feiras) geralmente possuem valor calorífico mais elevado do que o dos resíduos domiciliares. Resíduos da construção e demolição que possuam certos componentes perigosos ou inflamáveis não são adequados para incineração.

Na Figura 34, observa-se a grande variedade de valores caloríficos baixos utilizados em 97 plantas de WTE na Europa, conforme relatório da CEWEP (REITMAN, 2007); os valores variam de 8 MJ/kg a 14 MJ/kg, sendo este valor mais alto referente às plantas que utilizam insumos que misturam RSU com resíduos industriais, enquanto os menores valores representam as unidades que utilizam RSU com alto teor de umidade.

Figura 33. Variação do valor calorífico dos RSU para as plantas WTE europeias



Na Tabela abaixo, é apresentado o VCL típico de cada tipo de resíduo (EUROPEAN COMMISSION, 2006).

Figura 34. Tabela de valor calorífico líquido para diferentes tipos de resíduos

Tipo de Insumo	Comentários e Exemplos	VCL da substância Original	
		Varição GJ/ton	Média GJ/ton
Rsu misturado	Resíduos domiciliares misturados	6,3-10,5	9
Resíduos Volumosos	Móveis, etc	10,5-16,8	13
Similares a RSU	Resíduos similares aos domiciliares, gerados em lojas, shoppings, escritórios, etc.	7,6-12,6	11
Rejeitos gerados pós processo de reciclagem	Fração eliminada dos processos de compostagem e recuperação de materiais secos	6,3-11,5	10
Resíduos comerciais	Resíduos coletados separadamente de geradores comerciais	10-15	12,5
Embalagens	Coletas seletiva de embalagens pós-consumo	17-25	20
CDR	Pellets ou material floculado produzido de RSU e outros não perigosos similares	11-26	18
Resíduos Industriais	Rejeitos industriais de plástico ou papel	18-23	20
Resíduos perigosos	Denominados resíduos químicos ou especiais	0,5-20	9,75
Lodo de esgotos	Provenientes de tratamento de águas residuais	Ver Abaixo	Ver Abaixo
	Bruto (desidratado a 25% de sólidos secos)	1,7-2,5	2,1
	Digerido (desidratado a 25% de sólidos secos)	0,5-1,2	0,8

Fonte: European Commission, 2006. - Tradução por: Gabriela GPO Sartini, 2016.

#### 4.2.3 DIGESTÃO ANAERÓBIA

- RESÍDUOS DE ALIMENTOS;
- ALGUNS TIPOS DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS E DE COMÉRCIO, COMO OS DE ABATEDOUROS;
- RESÍDUOS AGRÍCOLAS E LODO DE ESGOTOS.

O insumo do digestor anaeróbico é de origem orgânica, geralmente de mistura selecionada de RSU, resíduo orgânico separado na fonte, lodo de esgoto, resíduos da agricultura etc.

Foi provado que as características físico-químicas do insumo de um digestor desempenham papel crucial na eficiência do processo em termos de quantidade e qualidade do biogás produzido e do digestato. Além disso, as características do substrato são cruciais para evitar qualquer inibição do processo e qualquer tipo de mau funcionamento do reator.

○ 4.3 PRODUTOS ADVINDOS DA RECUPERAÇÃO ENERGÉTICA

4.3.1 INCINERAÇÃO, GASEIFICAÇÃO, PLASMA E PIRÓLISE

4.3.2.1 ELETRICIDADE E CALOR

O tratamento térmico dos resíduos pode ser considerado como uma resposta às ameaças ambientais causadas por fluxos de resíduos mal gerenciados ou não gerenciados, dado que, durante o seu processo, ocorre a combustão de substâncias orgânicas contidas nos resíduos e que se transformam em energia (eletricidade, calor).

Através do processo de recuperação energética, são gerados eletricidade e calor. Logo, há a possibilidade de recuperação do conteúdo mineral dos resíduos, bem como a produção de combustíveis, como CDR e materiais inertes que podem ser aplicados na construção civil.

Figura 35. Produtos típicos das plantas WtE



Fonte: D-Waste, 2016. - Tradução por: Gabriela GPO Sartini, 2016.

A Figura 36 apresenta intervalos aproximados para as potenciais eficiências nas instalações de recuperação energética em uma variedade de situações.

Deve-se ter em mente que esta tabela representa apenas uma média para comparar o que será alcançado em boas circunstâncias e que os números reais serão variados de acordo com a localização da planta.

Figura 36. Tabela de conversão do potencial energético para diferentes tipos de instalações de incineração de resíduos

Tipos de planta	Potencial reportado de eficiência térmica % (Calor+eletricidade) / saída de energia da caldeira
Apenas geração de eletricidade	17-30
Planta de geração combinada de calor e eletricidade (CHP)	70-85
Estações de aquecimento com venda de vapor e/ou água quente	89-90
Venda de vapor para grandes indústrias químicas	90-100
CHP e lantãs de aquecimento com condensação de umidade no gás de combustão	85-95
CHP e plantas de aquecimento com condensação e bombas de calor	90-100

Nota: os valores referidos neste quadro são derivados da adição simples dos MWh de calor e de MWh produzidos, divididos pela produção de energia da caldeira. Não são tidos em conta de forma exaustiva outros fatores importantes, tais como: demanda de energia (combustíveis de apoio, entradas de eletricidade); valor relativo de CO2 da eletricidade e da fonte de calor (geração deslocada).

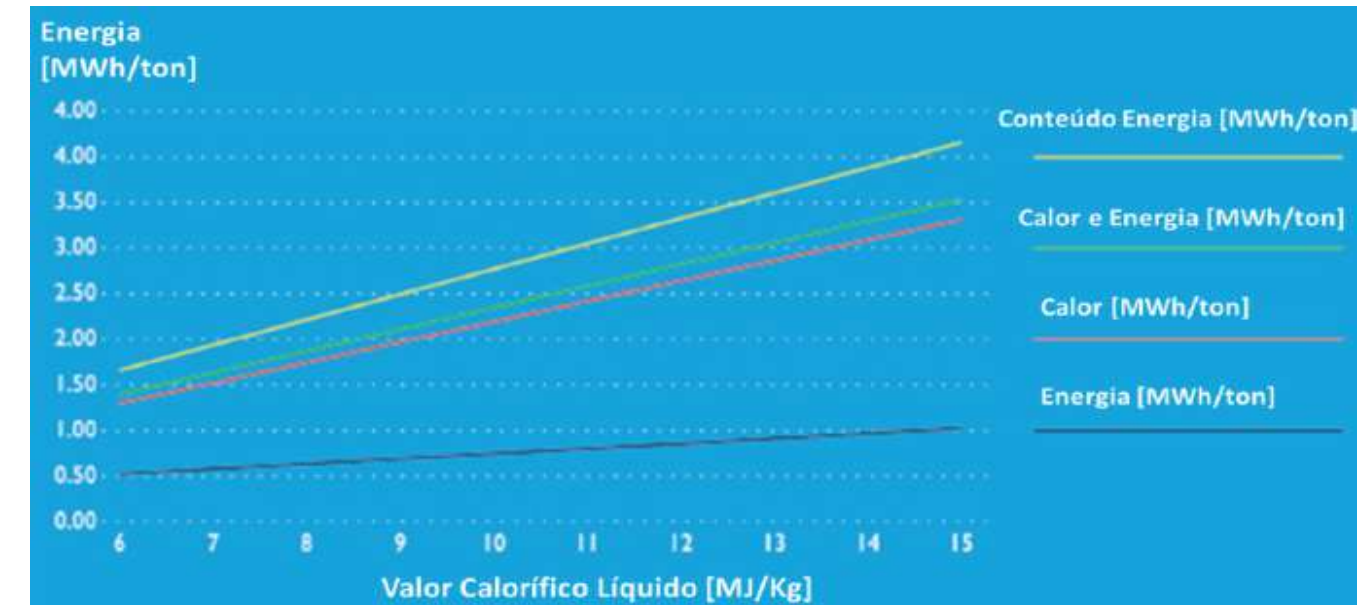
Fonte: European Commission, 2006. - Tradução por: Gabriela GPO Sartini, 2016.

O calor da combustão dos resíduos é utilizado para gerar vapor, que então alimenta uma turbina que gerará eletricidade e/ou calor.

Ao produzir uma combinação de calor e energia, é possível usar até 80% da energia dos resíduos. Quando há a combinação de energia e aquecimento/resfriamento para distribuição urbana, é utilizada uma turbina de contrapressão.

A quantidade típica de energia líquida que pode ser produzida por tonelada de RSU é de cerca de 2/3 MWh de eletricidade e 2 MWh de aquecimento urbano (RENOSAN; RAMBOLL, 2006).

Figura 37. Conteúdo energético e produção de energia dependendo do poder calorífico



Fonte: preparado por D-Waste, 2016. - Tradução por: Gabriela GPO Sartini, 2016.

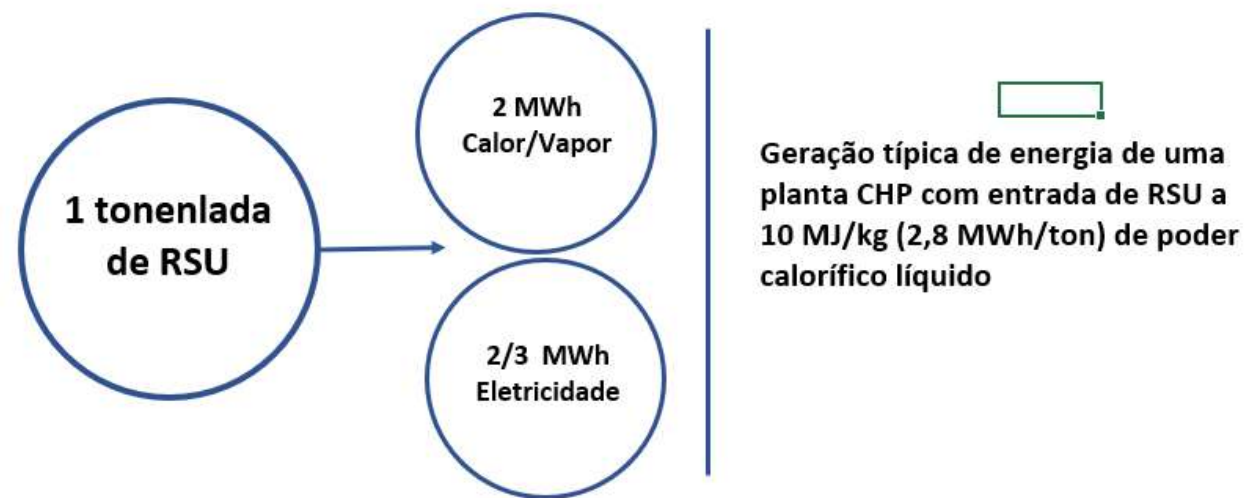
Em países com menor demanda de calor/ano, mas com maiores exigências de resfriamento, deve-se escolher a solução para este produto.

O resfriamento para áreas urbanas é a produção centralizada e a distribuição de energia de arrefecimento, uma alternativa sustentável à eletricidade convencional ou sistemas de ar-condicionado a gás.

A água refrigerada é distribuída por uma tubulação isolada subterrânea para escritórios, indústrias e residências para diminuir a temperatura do ar que passa pelo sistema de ar-condicionado do edifício.

Grandes unidades podem ser colocadas centralmente para abastecer grandes distritos, enquanto pequenas unidades podem ser localizadas em prédios que requerem resfriamento e conectadas a um sistema de resfriamento local.

Figura 38. Calor produzido a partir de 1 tonelada de RSU



Benefícios:

- a) A energia produzida substitui a da combustão de combustíveis fósseis;
- b) Menor geração de gases do efeito estufa (GEE) em comparação com outros combustíveis;
- c) Sistema de aquecimento e/ou resfriamento de baixo custo para edifícios próximos;
- d) Auxilia a rede nacional de fornecimento de eletricidade a atender à demanda;
- e) Energia renovável no balanço energético nacional;
- f) As plantas WTE podem cobrir as próprias demandas por vapor e calor.

Figura 39. Tabela de fatores de emissões de diferentes combustíveis

Combustível	Carvão	Gasolina	Gás Natural	Resíduo
CO <sub>2</sub> (Kg/GJ)	95	74	57	18
CH <sub>4</sub> (g/GJ)	1,5	1,5	15	0,6
N <sub>2</sub> O (g/GJ)	3	2	1	1,5
SO <sub>2</sub> (g/GJ)	45	23	0	23,9
Nox (g/GJ)	130	52	50	124

Fonte: Renosan & Ramboll, 2006. Tradução por: Gabriela GPO Sartini, 2016.

#### 4.3.2.2 SYNGAS, ÓLEOS, ENTRE OUTROS COMBUSTÍVEIS

Syngas, óleos, entre outros combustíveis, são produtos das plantas de gaseificação e pirólise que podem ser usados para aumentar a produção de vapor e, conseqüentemente, de eletricidade e calor. Também podem ser purificados para queima direta em motores ou turbinas a gás, convertidos em combustíveis para transportes, ou transformados em gás natural sintético (DEFRA, 2014).

Benefícios:

- a) Uso de combustível renovável com baixo custo;
- b) Energia neutra em carbono;
- c) Emissões reduzidas de GEE;
- d) Dispensa a energia de combustíveis fósseis.



#### 4.3.2.3 ESCÓRIA E/OU CINZAS DE FUNDO

Qualquer material não combustível (metais, vidro, pedras) permanece como um sólido, conhecido como cinzas de fundo, que também contém uma pequena quantidade de carbono residual, enquanto a escória é um produto da gaseificação.

A escória e/ou as cinzas de fundo podem ser usados como agregado de baixo custo na construção civil, bem como os metais da cinza podem ser recuperados e reciclados (DEFRA, 2014).

Benefícios:

- a) Reuso dos inertes na construção civil;
- b) Agregados de baixo custo;
- c) Economia de espaço nos aterros sanitários;
- d) Recuperação dos metais para a reciclagem.

#### ○ 4.3.2.4 CINZAS VOLANTES

Cinzas volantes são resíduos dos sistemas de controle da poluição do ar nas plantas WTE, geralmente misturados com cinzas da caldeira, e correspondem a 2% – 3% do peso original do insumo; são compostos por inertes, partículas minerais, sais solúveis variáveis (por exemplo, NaCl) e compostos de metais pesados (dos quais o cloreto de cádmio é prontamente solúvel). Para minimizar o risco de poluição, as cinzas volantes devem ser pré-tratadas e depositadas em condições controladas de aterro sanitário.

#### 4.3.2.5 COMBUSTÍVEL DERIVADO DE RESÍDUOS (CDR)

O Combustível Derivado de Resíduos (CDR) é uma opção importante para a recuperação energética de resíduos e pode potencialmente contribuir para a gestão sustentável dos recursos e para a eficiência e segurança energética.

É produzido a partir de materiais combustíveis dos resíduos após considerável processamento mecânico e muitas vezes biológico. Sua fonte principal são os rejeitos, a fração não reciclável resultante de plantas de Tratamento Mecânico-Biológico (TMB) (SALA; CALCATERRA, 2004; PULCHET, 2000), mas também de outros fluxos de rejeitos, como os industriais não perigosos (ex., lascas de madeira, aparas de produção de plásticos, etc.).

O CDR deve cumprir critérios específicos de qualidade ambiental e técnica de normas nacionais ou internacionais; podem ser combustível juntamente com os tradicionais, substituindo fontes de energia primária, como combustíveis fósseis (por exemplo, carvão, óleo combustível pesado), em indústrias intensivas em energia como fornos de cimento ou de cal, e caldeiras industriais (por exemplo, aço, papel). Alternativamente, pode ser utilizado em instalações de recuperação energética dedicadas à "monocombustão", como plantas de gaseificação ou de pirólise.

Atualmente há um mercado global muito promissor para o CDR, mas deve-se ter em mente que esse mercado depende muito da capacidade de garantir uma qualidade adequada e constante para cada tecnologia de recuperação térmica, algo desafiador devido à alta heterogeneidade e carga poluente dos RSU transformados em CDR.

A mudança fundamental para a fabricação de CDR está na qualidade requerida, algo relacionado com a compreensão e previsão da gestão dos fluxos de materiais nas plantas TMB (componentes individuais, valor calorífico, teor de cloro etc.).

Uma das principais vantagens do CDR é que o reprocessamento extensivo dos resíduos ocasiona a perda gradual de sua carga poluente em comparação com os RSU ainda não processados, o que resulta em investimento menor nos sistemas de controle da poluição do ar (CPA), cujo custo é alto. Este é o caso quando o CDR é usado como a única matéria-prima em plantas de gaseificação; de qualquer forma, os sistemas CPA são necessários em todas as tecnologias de recuperação térmica utilizando CDR.

A intenção principal do CDR produzido é utilizá-lo como um combustível de substituição em instalações já existentes e em operação com uso intensivo de energia, tais como fornos de cimento (CEMEX, 2009; GENON; BRIZIO, 2008).

O grau de substituição dos combustíveis originais por CDR varia dependendo da compatibilidade de suas propriedades com o processo de recuperação térmica, tipicamente concebido para combustíveis fósseis, bem como o comportamento geral da mistura durante a produção de energia (WU et al., 2011; WAGLAND et al., 2011).

Em plantas concebidas para a co-combustão de CDR com combustíveis fósseis, tais como pneus triturados, o grau de substituição depende da qualidade comparável do CDR com o resto dos combustíveis, juntamente com disposições legais relacionadas.

WTE geralmente se refere a plantas de recuperação energética de resíduos misturados não transformados, mas o processamento e a modernização de resíduos em CDR abrem novas

possibilidades para a recuperação do seu potencial energético nessas plantas, quer devido a uma baixa qualidade ou à falta de garantia de outros pontos de recuperação térmica. Inclusive, a construção de plantas de gaseificação ou pirólise para recuperar CDR pode ser uma opção-chave.

A produção de CDR é considerada a única opção viável de recuperação da grande quantidade de energia contida nos rejeitos de RSU quando há plantas de consumo intensivo de energia, como as cimenteiras e usinas de energia.

O processamento avançado em plantas de Tratamento Mecânico Biológico (TMB) resultou na descontaminação da fração combustível e assim a energia é conservada do aquecimento da fração inerte (ao redor 3% da entrada de energia em plantas WTE) (VELIS, 2012). No entanto, esses benefícios devem ser comparados com os custos de produção do CDR.

O CDR pode ser objeto de recuperação térmica através de uma série de diferentes tecnologias para seu consumo, sendo as mais comuns:

1. Co-combustão em fornos de cimento ou cal;
2. Plantas específicas para sua combustão, como gaseificação, pirólise e leito fluidizado;
3. Co-combustão em usinas de energia, por exemplo, em usinas térmicas a lignito ou carvão, de tecnologias de fundo seco ou úmido;
4. Caldeiras industriais;
5. Plantas tradicionais de combustão com ou sem recuperação energética;
6. Indústrias metalúrgicas (fabricação de aço) para substituição do agente redutor.

Na Figura 40, é apresentado o uso de recuperação térmica de CDR na Alemanha em 2007, de acordo com um questionário atribuído aos operadores de plantas TMB com produção de CDR (BILITEWSKI et al., 2007).

Figura 40. Tabela 01: Uso de recuperação térmica de CDR na Alemanha em 2007

Tipo de recuperação térmica	% por peso
CDR - monocombustão	98
Co-combustão em fornos de cimento	15
Co-combustão em usinas térmicas de lignito	15
Processamento de combustível mecânico externo	12
Incineração de resíduos	11
Armazenamento temporário	3
Outro	3
Co-combustão em usinas térmicas de carvão	2

Fonte: BILITEWSKI et al, 2007. - Tradução por: Gabriela GPO Sartini, 2016.

O CDR comumente é referido como uma fração de resíduos de alto poder calorífico (papel, papelão e plástico) gerado pelo tratamento mecânico de RSU ou similares de origem comercial/industrial.

Uma grande parte do CDR é originada de biomassa (biogênico) e, portanto, pode ser considerado como uma fonte de energia renovável e neutra em carbono. Assim, dependendo dos motivadores legais e políticos de um país, a energia produzida com essas características pode atrair investimentos, especialmente por não contribuir com o aquecimento global. Outra

vantagem pode ser a isenção de impostos consideráveis se houver legislação que os imponha para as tecnologias geradoras de grandes quantidades de GEE.

A produção de CDR consome energia em suas etapas, como na coleta dos RSU e nas operações da planta TMB – algumas dessas, inclusive, não são tão eficientes no consumo de energia, como a fragmentação para redução do tamanho dos materiais. Mas a produção e utilização global de CDR, na maioria dos casos, são comparativamente negativas em carbono; para determinar o montante exato de emissões evitadas de CO<sub>2</sub> equivalente, é preciso estabelecer quais combustíveis fósseis foram substituídos pelo CDR.

De acordo com Remondis (GLORIUS; REMONDIS, 2008), se o CDR com 50% de conteúdo biogênico substitui carvão, economiza 0,75t CO<sub>2</sub>eq/ton de CDR, enquanto economiza 1 tCO<sub>2</sub> eq/ton de CDR quando substitui carvão betuminoso.

Na maioria dos casos, o CDR possui um valor de mercado negativo; isso significa que os produtores de CDR (indústria de gestão de resíduos) pagam aos consumidores finais para recuperá-los termicamente.

Mas a indústria de processamento de resíduos tenta melhorar o perfil do CDR e atrair, se possível, preços positivos, ainda mais com a escalada dos preços dos combustíveis tradicionais derivados de fósseis. As taxas de entrada do CDR resultam da oferta e demanda gerais, que variam consideravelmente e se relacionam com a qualidade real e a percebida. Medidas fiscais específicas (subsídios) visam abordar os benefícios ambientais que o CDR pode trazer.

Recentemente, na Europa, evidencia-se um CDR de alta qualidade (por exemplo, baixo teor de Cl e elevado em biomassa), atraindo um valor positivo ou neutro quando recuperados em usinas térmicas a carvão (xisto betuminoso) que utilizam tecnologia de leito fluidizado circulante (THIEL, THOME-KOZMIENSKY, 2012).

Nos países em desenvolvimento, a capacidade de implementar qualquer solução depende da composição do resíduo, da coleta e de fatores mais amenos, como o nível de capacidade institucional, a boa governança, os conhecimentos técnicos locais e as realidades e políticas governamentais e socioeconômicas mais amplas, por exemplo, proteção do ambiente ou da saúde pública.

A composição dos RSU é claramente diferente dos países desenvolvidos de alta renda, com prevalência de orgânicos úmidos (exemplo, sobras de cozinha): em média, um pouco abaixo de 70% em peso. Dado o baixo poder calorífico dos orgânicos e o seu teor de umidade muito elevado, o RSU não processado geralmente não é adequado para a recuperação térmica por si só; no entanto, pode haver margem para a recuperação energética selecionada sob a forma de CDR.

Em particular, as tecnologias de biodiesel de baixa tecnologia podem fornecer uma solução ideal para remover a umidade dos orgânicos e tornar os resíduos adequados para recuperação de energia via CDR.

#### 4.3.2.6 DIGESTÃO ANAERÓBICA

Figura 41. Insumos e produtos típicos de uma planta DA



Fonte: D-Waste, 2016. - Tradução por: Gabriela GPO Sartini, 2016.

A produção de biogás de plantas DA depende muito da configuração do reator e da fonte do insumo orgânico (SAINT-JOLY; DESBOIS; LOTTI,2000).

Muitos relatórios na literatura indicam o desempenho de digestores de RSU em termos de produção de biogás por peso úmido de RSU tratado. As plantas em grande escala, normalmente, atingem rendimentos de biogás de 0,10-0,15 m³/kg úmido.

Figura 42. Tabela de produção de biogás em digestores de larga escala que tratam uma variedade de RSU orgânicos úmidos

Planta	Localização	Produção média biogás (m <sup>3</sup> /kg)
Valorga	França	0,144
	Holanda	0,930
	Alemanha	0,127
Valorga	Itália	0,180
	Itália	0,600
	França	0,145
	Holanda	0,920
	Alemanha	0,126
Dranco	Alemanha	0,147
	Bélgica	0,103
	Áustria	0,135
BTA (processo úmido)	Alemanha	0,920
Kompogas	Suíça	0,900
ISKA	Alemanha	0,400
<b>Média Geral</b>		<b>0,112</b>

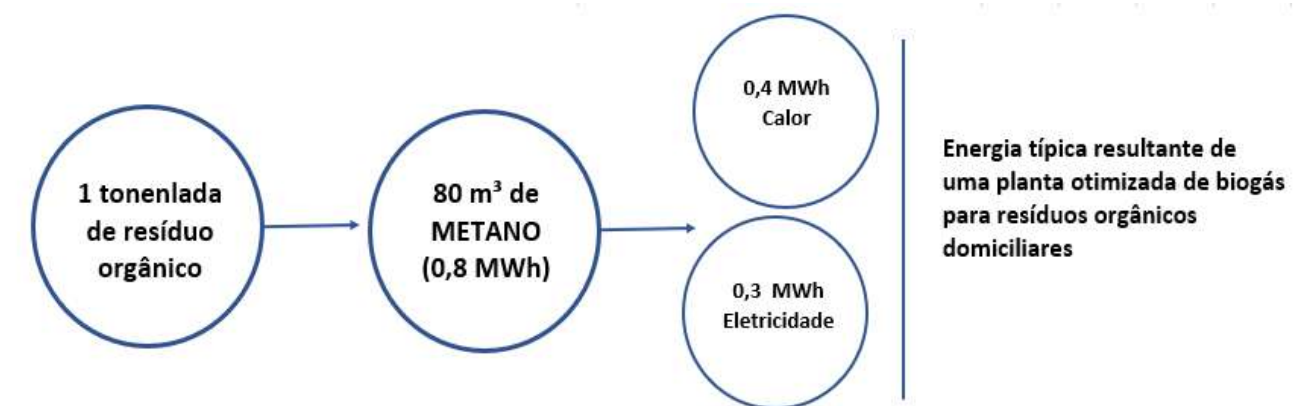
Fonte: D-Waste, 2016. - Tradução por: Gabriela GPO Sartini, 2016.

O biogás produzido em condições ótimas tem um conteúdo energético de cerca de 20-25 MJ/m<sup>3</sup>. As eficiências de conversão elétrica variam de acordo com a planta de combustão. A experiência prática com motores de combustão de pequena escala com uma potência nominal inferior a 200 kW indica uma eficiência de conversão elétrica de cerca de 25%; as instalações maiores (até 17.000 kW) podem ter uma maior eficiência de conversão de cerca de 36%. Há também a possibilidade adicional de aquecer a água do escape do motor que pode aumentar a eficiência total da conversão a 65-85% (IEA BIOENERGY, 1997).

Estimativas sobre a utilização da eletricidade pela planta variam muito. Nas usinas rurais, aproximadamente 20% da eletricidade produzida no processo é necessária à operação da planta, enquanto as usinas urbanas podem utilizar dois terços da eletricidade produzida.

A produção de biogás e, conseqüentemente, o potencial de produção de energia são maiores nos resíduos orgânicos de coleta seletiva. Por exemplo, relatórios (MATA-ALVAREZ, 2010) sobre resíduos orgânicos (com uma fração de resíduos de poda e jardinagem) informam uma produção de biogás entre 90-150 m<sup>3</sup>/t, equivalente a uma produção de eletricidade entre 90-150 kWh/ton (valor líquido excedente após consumo interno). Quanto maior a fração orgânica presente na mistura, maiores são os valores da produção de biogás e energia.

Figura 43. Metano produzido a partir de 1 tonelada de RSU



Sobre o tema, Neiva Correia et al. (2008) obtiveram valores de energia elétrica superiores a 160 kWh/t através do processamento de resíduos orgânicos objeto de coleta seletiva de grandes geradores (sem a fração de resíduos de poda e jardins).

#### 4.3.2.6.1 DIGESTATO

O principal produto da DA é o digestato, rico em nutrientes.

Sua qualidade deve ser aceitável para fins, como alteração do solo ou paisagismo, e deve ser avaliada em três critérios: aspectos químicos, biológicos e físicos. Os aspectos químicos da gestão da qualidade do digestato estão relacionados com:

- a) Metais pesados e outros contaminantes inorgânicos;
- b) Poluentes orgânicos persistentes (POPs);
- c) Nutrientes (NPK).

Para se obter um produto de alta qualidade, com alto valor, o digestato é transformado em composto, o que deve garantir uma degradação completa dos componentes orgânicos, assim como fixar o nitrogênio mineral na fração semelhante ao húmus. O teor de água do digestor também é interessante para a gestão da umidade no processo de compostagem.

- 5. PANORAMA MUNDIAL SOBRE A RECUPERAÇÃO ENERGÉTICA NA GESTÃO DO RSU

- 5.1 PANORAMA MUNDIAL

Elementos inerentes a mudança global, tais como crescimento populacional, urbanização, mudanças climáticas, aumento do consumo de bens e correspondente geração de resíduos, têm contribuído para tornar a gestão do RSU cada vez mais complexa.

A experiência internacional nos indica que a produção em massa desses resíduos, proveniente do rápido crescimento da população mundial urbana e do consumo de bens, impede a deposição desses resíduos nos lixões de outrora.

Como resposta a tais problemas, os países mais avançados desenvolveram diversos métodos e tecnologias para lidar com a gestão dos resíduos sólidos, que variam desde a redução por meio de design de produtos e embalagens, até a reciclagem de materiais que podem ser reaproveitados pela indústria e o comércio, assim como a compostagem de material orgânico e a combustão com aproveitamento energético, conhecidas como usinas Waste-to-Energy (WTE).

Portanto, podemos definir WTE como a geração de energia elétrica a partir da biodigestão ou tratamento térmico de resíduos, sejam eles orgânicos ou inorgânicos, através do uso de diversas tecnologias existentes.

A implementação de usinas de recuperação energética WTE tem sido a solução encontrada em diversos países para a destinação final dos RSU que não foram aproveitados no processo de reciclagem ou compostagem, como alternativa aos aterros, mesmo os sanitários, que representam ameaça de contaminação irreversível ao meio ambiente.

Países membros da União Europeia, os Estados Unidos, China, Índia, entre outros incluíram o WTE como priorização nos tratamentos desses resíduos que, além de obterem uma destinação sustentável, contribuem para a geração de energia elétrica limpa, renovável e firme, atribuindo maior confiabilidade e estabilidade ao sistema elétrico.

Em termos mundiais, existem aproximadamente 2.430 usinas WTE de incineração em operação em todo o mundo<sup>2</sup>, sendo que mais de 90% das usinas de tratamento térmico utilizam a tecnologia da incineração por combustão em grelhas móveis (*mass burning*).

São diversos os fatores que podem explicar a utilização maior ou menor da recuperação energética em diversos países.

Tomando como pressuposto que o direito pode vir a ser precursor do desenvolvimento econômico de determinados setores de uma nação<sup>3</sup>, pode-se afirmar que a adoção de instrumentos regulatórios tem sido um dos propulsores no desenvolvimento e adoção da recuperação energética em diversos países, conferindo segurança jurídica e previsibilidade aos investidores.

A China tem hoje a maior capacidade instalada de usinas de tratamento térmico de rejeitos do mundo, com 7,3 GW de capacidade instalada, possuindo 339 usinas em operação até o final de 2017, tornando a WTE um mercado em expansão no país.

A recuperação energética cresceu 1 GW por ano, em média, nos últimos cinco anos, e agora representa a maior forma de capacidade de bioenergia, capaz de gerenciar pouco mais de 100 milhões de toneladas de RSU por ano, o que representa quase 40% da produção

nacional de RSU.<sup>4</sup> O rápido crescimento desse setor também tem sido ajudado pelo custo de capital relativamente baixo e pela política de energias renováveis do país.

As principais empresas locais de construção e operação são: Sanfeng Covanta, Shanghai Environment Group, Wheelbrator Asia, Everbright International (Everbright Environmental Protection Technology Development), Jiangsu Senze Group, Shanghai SUS Environment, Anhui Jingding Boiler, Shenzhen Energy, OVE and Anhui Shengyun Environmental Protection Equipment.

Em meados dos anos 90, a União Europeia começou a reconhecer o impacto potencial da gestão dos resíduos sólidos nas alterações climáticas, tendo introduzido metas para o desvio dos RSU dos aterros sanitários.

Segundo estudo da CEWEP, a União Europeia prevê que a ampliação da capacidade e quantidade de usinas WTE para atender mais 40 milhões de t/ano de RSU, tendo em vista a meta de reduzir a atual destinação de 25% dos seus RSU para aterros sanitários para até 10% em 2035.

O tratamento por WTE na Alemanha representa 35% dos métodos utilizado na gestão de resíduos sólidos, enquanto a reciclagem corresponde a 47%, conforme o relatório 2013 da Eurostat. A planta MVB foi encomendada em 1994. Os acionistas são a Vattenfall Europe

<sup>2</sup> Ecoprog. Waste-to-Energy 2018/2019. Technologies, plants, projects, players and backgrounds of the global thermal waste treatment business. 11th edition, 2018.

<sup>3</sup> Vide GICO JR, Ivo Teixeira. Direito & desenvolvimento: o papel do direito no desenvolvimento econômico. In: Revista Direito e Desenvolvimento, João Pessoa, v. 8, n. 2, p. 110-127, 2017. Disponível em:

<https://periodicos.unipe.br/index.php/direitoedesenvolvimento/article/view/370>. Acesso em 10 mar. 2020; SHIRLEY, Mary M. Institutions and Development. Advances in New Institutional Analysis. Massachusetts: Edward Elgar, 2008.

<sup>4</sup> IEA. Will energy from waste become the key form of bioenergy in Asia? Analysis from Renewables 2018. Paris, 2019. Disponível em: <https://www.iea.org/newsroom/news/2019/january/will-energy-from-waste-become-the-key-form-of-bioenergy-in-asia.html>. Acesso em 10 mar. 2020.

New Energy GmbH (85,5%) e a E.ON Energy from Waste AG (14,5%). Existem duas linhas de incineração, tratando uma capacidade total 325 mil t/ano (LHV 9Mj/kg), dos quais 92% são RSU, 4% são resíduos comerciais e 4% são resíduos volumosos. O principal produto energético da instalação é o calor e abastece o sistema distrital de Hamburgo. As cinzas de fundo produzidas representam 19% do insumo, enquanto as cinzas volantes representam 2,5%. O custo total do investimento foi de 186 milhões de euros.

A gestão de resíduos na Itália é basicamente apoiada em aterros sanitários (38%), enquanto a reciclagem representa 26% e WTE 21%, de acordo com o Relatório 2013 da Eurostat. Atualmente, 50 plantas operam na Itália, sendo a maioria, 34, localizada na região Norte do país; também 18 destas plantas de WTE aplicam a medição em linha do mercúrio e das dioxinas (de forma voluntária).

As taxas de entrada dessas plantas variam de 56-122 dólares/t, já a tarifa de alimentação elétrica varia entre 67-122 dólares/MWh. A planta de Turim colocou em operação uma de suas três linhas em abril de 2013; possui capacidade nominal de 526 mil tons/ano e atende à Região Metropolitana de Turim (equivalente a 1,750 milhão de pessoas). Produz anualmente 350 GWh de eletricidade para 175.000 famílias (constituídas por três pessoas) e futuramente 170.000 MWh de aquecimento urbano para 17.000 casas (cada média de 100 m<sup>2</sup>).

O projeto da planta é de autoria do arquiteto Bertoli (famoso pelo design dos carros luxuosos da Maserati), está equipada com três linhas de incineração com uma capacidade total de 67,5 t/h por linha (LHV 11 MJ/kg). A cinza produzida representa 21% do insumo e é reutilizada como material para obras rodoviárias, enquanto as cinzas volantes representam 3,5% do insumo e são exportadas para tratamento como resíduo perigoso. A taxa de entrada é de 117 dólares/t, enquanto o preço de venda da eletricidade produzida é de 83 dólares/MWh.

No Reino Unido, a gestão do RSU levou ao desenvolvimento de um mecanismo escalonador de impostos sobre a operação dos aterros sanitários e ao comércio de permissões de aterros. Tais mecanismos ajudaram a impulsionar o desenvolvimento de usinas de geração de energia elétrica a partir de usinas de resíduos.<sup>5</sup>

O 5º Relatório de Avaliação do Clima, do IPCC, traz relevantes informações sobre o problema da emissão do metano na atmosfera gerado a partir do lixo, detalhando graficamente a hierarquia do lixo disciplinada pela Comissão Europeia, que segue a seguinte ordem de prioridades: (i) reuso; (ii) reciclagem; (iii) recuperação energética; (iv) aterro com captura, recuperação e uso do metano; (v) tratamento sem recuperação energética; (vi) aterro com queima do metano no flare; (vii) aterro sem captura do metano; (viii) aterro não sanitário [aterro controlado]; e (viii) despejo em lixão.<sup>6</sup>

<sup>5</sup> INGLATERRA. Department for Environment, Food & rural Affairs. Energy from waste: a guide to debate. Disponível em: <[https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/284612/pb14130-energy-waste-201402.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/284612/pb14130-energy-waste-201402.pdf)>. Acesso em 10 mar. 2020.

<sup>6</sup> IPCC. AR 5 Climate Change 2014. Mitigation of Climate Change. Chapter 10 – Industry. Disponível em: <[https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc\\_wg3\\_ar5\\_chapter10.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_chapter10.pdf)>. Acesso em 10 mar. 2020.



Figura 44. Hierarquia do lixo segundo o Conselho de União Europeia

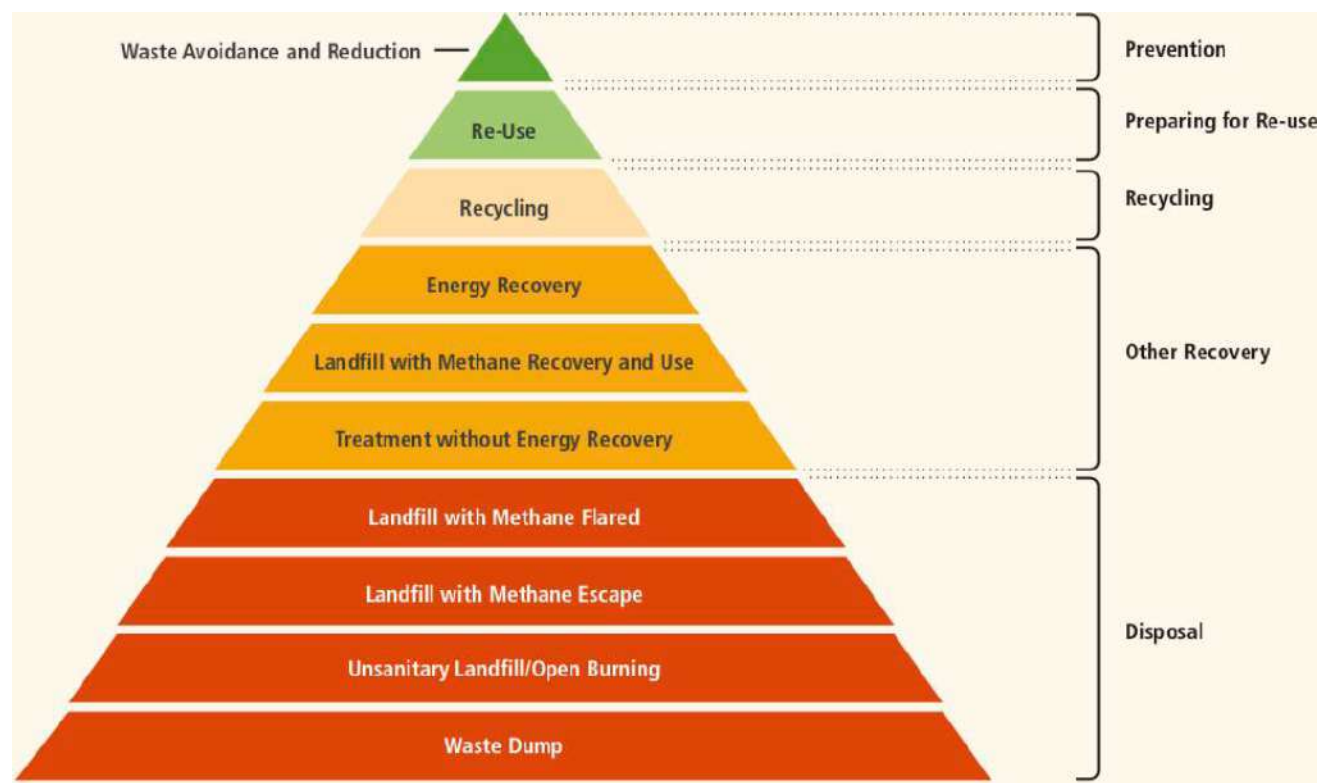


Figura 45. Plantas WTE localizadas ao redor do mundo



Mais de 2.000 plantas WTE estão operando globalmente.

A Figura 46 detalha as usinas WTE de tratamento térmico em operação na Europa no ano de 2021, não incluindo incineração de lixo perigoso (hospitalar, radioativo, etc.), sendo que em azul é indicado a quantidade de usinas e em vermelho a quantidade de lixo tratado termicamente em milhões de toneladas, o que representa o total de 498 usinas em operação e 283.150 ton/dia (toneladas por dia) processadas em 2021.

Figura 46. Waste-to-energy na Europa 2021<sup>7</sup>



<sup>7</sup> CEWEP. Waste-to-energy: Energising your waste. 2018. Disponível em: <https://www.cewep.eu/waste-to-energy-plants-in-europe-in-2021/>. Acesso em 23 mai. 2024.

Os gráficos abaixo (figura 48) apresentam a situação atual na União Europeia:

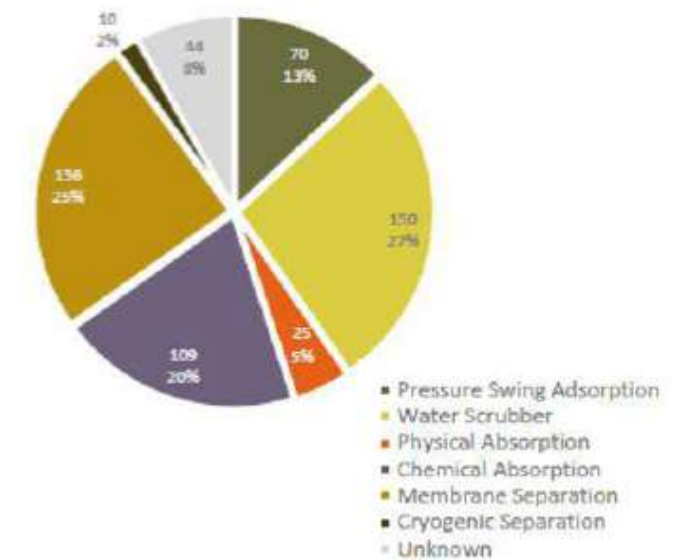
Figura 47. Gráficos da situação atual das Waste-to-energy na Europa

Gráficos 1 e 2 – Produção de Biometano na Europa e tecnologias utilizadas

Development of European biomethane production by feedstock type in GWh



Relative use of different upgrading techniques, Europe-wide



EBA 2018. "Statistical Report of the European Biogas Association 2018." Brussels, Belgium, December 2018

Segundo o Consórcio Italiano de Biogás, a Itália possui 2.000 plantas de biogás, gerando 1.400 MW, sendo que 80% é proveniente da agricultura, o que demandou EUR 4 bilhões em

investimentos, gerando 12.000 empregos permanentes, 10 TWh de energia renovável – aproximadamente 2,5 bilhões de m<sup>3</sup> de biometano. Estima-se ser possível produzir 122 bilhões de m<sup>3</sup> de biometano (gás renovável) na União Europeia até 2050.<sup>8</sup>

Nos Estados Unidos, a indústria WTE emergiu nos anos de 1960 com a necessidade de encontrar um meio saudável de eliminar o lixo e substituir lixões abertos, tendo se fortalecido em 1970 com a necessidade de desenvolver recursos energéticos alternativos na era do petróleo árabe, em um momento que se pensava que a energia seria uma mercadoria escassa e os preços continuariam subindo.

Contudo, mudanças e desinteresse de implantação de novas políticas e também apoio na indústria, impediram o desenvolvimento de usinas WTE, tendo sido empreendidos esforços na construção de novos e grandes aterros sanitários, além da permissão para expansão de aterros existentes. Ou seja, não havia um forte interesse econômico para dar realidade a esta nobre atividade.<sup>9</sup>

Originalmente, os regulamentos estaduais e federais favoreciam usinas WTE como alternativa, segura e ambientalmente saudável, aos aterros sanitários. Os incentivos federais incluíam doações para estudos de viabilidade e projetos pilotos, créditos fiscais para

<sup>8</sup> MAGGIONI, Lorenzo. Workshop de Fontes Energéticas no Âmbito do Planejamento de Longo Prazo. Recuperação Energética Waste-to-Energy. Italian Biomethane and biogas scenario. Ministério de Minas e Energia, Brasília, 17 out. 2019. Disponível em: <<https://abren.org.br/debate-sobre-recuperacao-energetica-de-residuos-no-ministerio-de-minas-e-energia-contou-com-apresentacoes-de-especialistas-brasileiros-e-internacionais-e-publico-de-200-pessoas/>>. Acesso em 10 mar. 2020.

<sup>9</sup> BERENYI, Eileen B. e ROGOFF, Marc J. Is the Waste-to-Energy Industry Dead? Disponível em: <<https://foresternetwork.com/weekly/msw-management-weekly/waste/is-the-waste-to-energy-industry-dead/>> Acesso em 10 mar. 2020; RAGOFF, Marc. J. e SCREVE, Francois. Waste-to-Energy: Technologies and Project Implementation. 2ª edição. Elsevier: Oxford, 2011, p. 60-65.

investimentos, tratamento tributário favorável para depreciação de equipamentos e financiamento público com juros reduzidos.<sup>10</sup>

Atualmente, existem aproximadamente 87 plantas WTE de tratamento térmico de resíduos nos EUA, sendo que 26% são reciclados, 9% destinados a processos de compostagem, 13% destinados para usinas WTE e 52% para aterros sanitários.<sup>11</sup>

Segundo o Waste Atlas, a Austrália possui apenas duas plantas antigas WTE em operação, em Sydney e Townsville, sendo que a predominância é de aterros sanitários<sup>12</sup>. As usinas WTE são denominadas pelos australianos como Energy from Waste (EfW) e classificadas pela legislação como fonte de energia renovável. Contudo, há uma regulamentação bastante restritiva que dificulta o desenvolvimento da indústria WTE.

Os geradores são obrigados a realizar amostragem do seu fluxo de resíduos, para determinar o componente renovável de seu respectivo fluxo e, nesse sentido, a fração do fluxo de resíduos que é uma fonte elegível.

Trata-se de um processo caro e demorado, que envolve auditores externos para amostrar e auditar o fluxo de resíduos a cada seis meses. Tais imposições acabaram atuando como

<sup>10</sup> BERENYI, Eileen B. e ROGOFF, Marc J. Is the Waste-to-Energy Industry Dead? Disponível em: <<https://foresternetwork.com/weekly/msw-management-weekly/waste/is-the-waste-to-energy-industry-dead>> Acesso em 10 mar. 2020; RAGOFF, Marc. J. e SCREVE, Francois. Waste-to-Energy: Technologies and Project Implementation. 2ª edição. Elsevier: Oxford, 2011, p. 60-65.

<sup>11</sup> SWANA. From Solid Waste Management to Resource Efficiency and Energy Recovery in The United States. 2018. Disponível em: <[http://www.foroerres2018.mx/presentaciones/13\\_10%20de%20oct%20Sara%20Bixby.pdf](http://www.foroerres2018.mx/presentaciones/13_10%20de%20oct%20Sara%20Bixby.pdf)>. Acesso em 10 mar. 2020.

<sup>12</sup> Waste Atlas. Disponível em: <<http://www.atlas.d-waste.com/>>. Acesso em 10 mar. 2020.

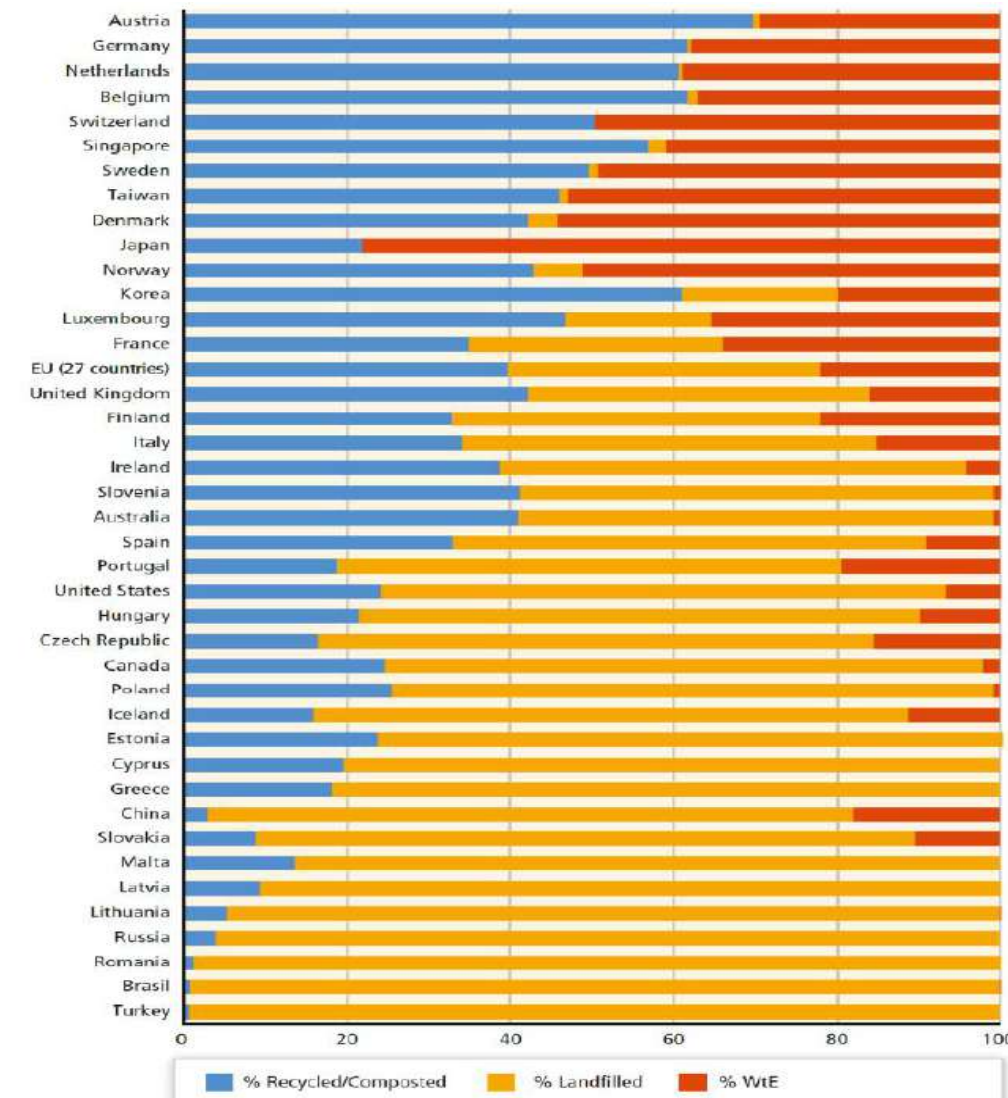
elemento de dissuasão para os conselhos municipais australianos, que passaram a considerar a possibilidade de fazer a transição do aterro para outras formas de tratamento alternativo de resíduos.<sup>13</sup>

O Japão criou um sistema legal denominado Sociedade de Ciclo de Material Sadio, para que o consumo de recursos naturais seja conservado e a carga ambiental reduzida ao máximo possível. A Lei Básica para o Controle de Poluição Ambiental foi criada em 1967 e editada em 1993, sendo criado em 1994 o Plano Ambiental Básico.

Em suma, desde 1970 o Japão tem criado uma gama de regulamentos para o tratamento dos RSU<sup>14</sup>, assim registrando índice de reciclagem de 20,8% do total de RSU produzido<sup>15</sup>, possui aproximadamente 310 plantas WTE em operação, eliminando 114.614 ton/dia de RSU, de um total de 37.822.620 ton/ano, o que representa 83,38% de todos os RSU pós reciclagem.<sup>16</sup>

Estima-se que os RSU pós-reciclagem chegam a 1,2 bilhão de toneladas por ano no mundo, sendo que somente 0,2 bilhão (ou 16,6%) são tratados através de tecnologias de recuperação energética WTE. Relevante destacar que inexistente conflito entre a reciclagem e a incineração de resíduos, na medida em que os países que detêm os melhores índices de reciclagem e compostagem são os que mais incineram os RSU, conforme demonstra o seguinte gráfico.

Figura 48. Panorama da reciclagem, compostagem e tratamento térmico de RSU no mundo



<sup>13</sup> WHARBURTON, Dick, FISHER Brian, VELD, Shirley In't, Et al. Renewable Energy Target Scheme. Report of the Expert Panel. 2014. Disponível em: <<https://apo.org.au/sites/default/files/resource-files/2014/08/apo-nid41058-1209321.pdf>>. Acesso em 10 mar. 2020.

<sup>14</sup> JAPÃO. Ministério do Meio Ambiente. Solid Waste Management and Recycling Technology of Japan. 2012. Disponível em: <<https://www.env.go.jp/en/recycle/smcs/attach/swmrt.pdf>>. Acesso em 09 mar. 2020.

<sup>15</sup> Waste Atlas. Disponível em: <<http://www.atlas.d-waste.com/>>. Acesso em 09 mar. 2020.

<sup>16</sup> THEMELIS, N. J. Waste-to-Energy technologies used in Japan. Earth Engineering Center, Columbia University, 2013. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/bfdb/859fb02ede97bdfed221674521369f4bf5e5.pdf?ga=2.10532989.873479725.1551649619-1810211481.1551649619>>. Acesso em 09 mar. 2020.

A América Latina e região do Caribe detém uma das maiores taxas de urbanização no mundo, estimando-se que 500 milhões de pessoas vivem em cidades, o que se traduz em cerca de 80% da população.

Dentre os diversos problemas causados, destacam-se aqueles que se referem à mobilidade, segurança, saúde, bem-estar, saneamento e gestão adequada dos RSU. São produzidas cerca de 354.000 toneladas diárias. Deste montante, estima-se que 50% (ou mais) dos RSU gerados são de resíduos alimentares e materiais de origem orgânica.<sup>17</sup>

#### ○ 5.2 O PANORAMA NACIONAL DA RECUPERAÇÃO ENERGÉTICA NA GESTÃO DO RSU

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº 12.305/2010 e regulamentada pelo Decreto nº 7.404/2010, está em pleno processo de implantação, estando a questão da recuperação energética dentre os principais pontos a serem efetivados.

Os sistemas de destinação de resíduos por processos de recuperação energética, mais conhecidos em inglês pelo termo Waste-to-Energy (WTE), são modelos avançados de aproveitamento de materiais com potencial energético não passíveis de reciclagem.

Esses mecanismos transformam os resíduos em energia limpa e renovável. As formas mais comuns podem se dar em instalações dedicadas a essa finalidade, as Unidades de

Recuperação Energética (UREs), também chamadas Usinas Termoquímicas de Geração de Energia (UTGE). Isso também é possível por meio de combustíveis fabricados com resíduos em fornos, caldeiras e turbinas das empresas, permitindo a utilização como fonte energética mais barata e disponível em todo o país, em substituição às fontes fósseis.

O Brasil, maior país da América Latina e um dos países que mais gera resíduos sólidos urbanos no mundo, ficando atrás apenas dos Estados Unidos, China e Índia, possui 60%<sup>18</sup> de teor de umidade no lixo, o que reduz o poder calorífico dos RSU, mas nem por isso o torna menos atrativo para a recuperação energética.

A maior parte dos resíduos sólidos é tradicionalmente depositada em aterros sanitários, abrindo a possibilidade de exploração do gás que é gerado em muito deles por meio do confinamento dos resíduos em condições anaeróbias.

O gás de aterro contém metano, um poderoso gás de efeito estufa, por isso capturá-lo também é uma forma de prevenção da poluição atmosférica. Sua geração declinará com o tempo e com o avanço de práticas mais sustentáveis e eficientes de gestão de resíduos sólidos, com foco nas tecnologias que serão descritas nas próximas páginas.

O RSU possui potencial promissor para a produção de biogás, biometano, hidrogênio, energia elétrica e vapor para utilização em processos industriais.

<sup>17</sup> ONU. Organic Waste Management in Latin America: Challenges and Advantages of the Main Treatment Options and Trends. 2017. Disponível em: <http://abrelpe.org.br/onu-meio-ambiente-ingles/>. Acesso em 21 fev. 2019.

<sup>18</sup> EPE. Nota Técnica DEA 18/14. Inventário Energético dos Resíduos Sólidos Urbanos. Rio de Janeiro, 2014.

Estima-se que, atualmente, os principais centros urbanos totalizem cerca de 22.000 caminhões de lixo (potencial de consumo de 685.000 m<sup>3</sup>/a) e 107.000 ônibus urbanos (potencial de consumo de 4Mm<sup>3</sup>/a). A partir do uso da tecnologia *dual-fuel* seria possível substituir até 90% do consumo de diesel nesses veículos por biometano produzido a partir de RSU.<sup>19</sup>

O potencial de produção de biogás no Brasil encontra-se em 82 bilhões de Nm<sup>3</sup>/ano, sendo 41 bilhões do setor sucroenergético (cana-de-açúcar e seus derivados como bagaço, palha, torta de filtro e vinhaça), 37 bilhões do setor agropecuário (proteína animal, dejetos animais e culturas de milho, mandioca e soja) e 3 bilhões do setor de saneamento ambiental (esgoto sanitário e RSU). Esse montante equivale a 67 milhões de toneladas equivalentes de petróleo (tep) ao ano, ou 76 bilhões de litros equivalentes de diesel.<sup>20</sup>

Considerando uma presença média de 60% de metano no biogás, e sendo o metano 25 vezes mais nocivo do que o gás carbônico equivalente (CO<sub>2</sub>eq), o Brasil poderia chegar ao potencial de 1,03 bilhão de toneladas de CO<sub>2</sub>eq caso venha a utilizar efetivamente o biogás como fonte de energia.

Para a geração de energia elétrica, é possível atender 1,5% da demanda nacional a partir da biodigestão anaeróbica de RSU, e 5,4% da demanda nacional a partir do tratamento

térmico de RSU (incineração, gaseificação ou pirólise), totalizando 6,9% da demanda nacional. O seguinte gráfico da EPE (figura 49) apresenta tais dados:

Tabela 1 – Potencial de geração de energia elétrica de RSU

	Eletricidade (GWh)	Capacidade (MW)	Unidades
GDL	-	311	-
Incineração	236.520	3.176	106
Digestão Anaeróbica Acelerada	6.701	868	1.021

Considerando apenas as regiões metropolitanas, o potencial estimado de usinas WTE de tratamento térmico de RSU é de 2,4 GW (1,85% da matriz nacional), com uma geração anual de 14.400 GWh (2,74% do total de geração), com fator de capacidade acima de 90% e com energia sendo injetada perto dos consumidores (geração distribuída).<sup>21</sup>

A despeito deste grande potencial de recuperação por meio de diferentes opções tecnológicas hoje existentes, a parcela de resíduos orgânicos dos RSU é descartada e depositada em aterros ou lixões, trazendo severos impactos ao meio ambiente, com a geração de Gases de Efeito Estufa (GEE) em face da emissão do gás metano (CH<sub>4</sub>), que é 25 vezes mais nocivo do que o gás carbônico (CO<sub>2</sub>), e responde hoje por 3% das emissões totais de GEE na atmosfera.

<sup>19</sup> Vide MCTIC. OLIVEIRA, Luiz Gustavo Silva de. Potenciais e custos de abatimento de emissões de GEE para setores-chave da economia brasileira. 2016. Disponível em: <[http://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/opcoes\\_mitigacao/paginas/potenciais\\_custos\\_abatimento\\_setoriais.html](http://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/opcoes_mitigacao/paginas/potenciais_custos_abatimento_setoriais.html)>. Acesso em 10 mar. 2020; vide NTU. Anuário. 2017/2018. Disponível em: <<https://www.ntu.org.br/novo/upload/Publicacao/Pub636687203994198126.pdf>>. Acesso em 10 mar. 2020.

<sup>20</sup> Abiogás. Proposta de Programa Nacional do Biogás e do Biometano. 2018. Disponível em: <<https://abiogas.org.br/>>.

<sup>21</sup> RIZZO, Francesco. Workshop de Fontes Energéticas no Âmbito do Planejamento de Longo Prazo. Recuperação Energética Waste-to-Energy. Waste-to-Energy Development: Perspective and Lesson Learned. Ministério de Minas e Energia, Brasília, 17 out. 2019. Disponível em: <<https://abren.org.br/debate-sobre-recuperacao-energetica-de-residuos-no-ministerio-de-minas-e-energia-contou-com-apresentacoes-de-especialistas-brasileiros-e-internacionais-e-publico-de-200-pessoas/>>. Acesso em 10 mar. 2020.

Além disso, há o risco de contaminação dos recursos hídricos pelo chorume ou lixiviado, levando à redução da água potável disponível no planeta, bem como ocasionando danos à saúde humana, que podem ser facilmente evitáveis ao se usar processos tecnológicos disponíveis.

Segundo estudo da ISWA, o Brasil gasta um valor aproximado de R\$ 1,5 bilhão por ano no tratamento de doenças de pessoas que tiveram contato inadequado com RSU, ou seja, R\$ 10 bilhões em 10 anos. Entre 2010 e 2014, o custo dos danos ambientais causados pelos RSU ficou entre US\$ 1,4 bilhão e US\$ 2,8 bilhões, com uma média de US\$ 2,1 bilhões.<sup>22</sup>

Segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), o Brasil produziu 79 milhões de toneladas de RSU em 2018, sendo que 3,9% foram reciclados e destinados a compostagem, 59,5% destinados a aterros sanitários, e o restante, 29,5 milhões de toneladas (ou 40,5% de todos os resíduos), despejados por 3.001 municípios em lixões ou aterros controlados<sup>23</sup>, não considerando que, desde agosto de 2014, despejar lixo em aterro controlado ou lixão constitui crime ambiental e está sujeito à multa de até 50 milhões de reais.<sup>24</sup>

Importante destacar também que o Brasil assumiu compromissos internacionais com vistas a correta eliminação do lixo sólido nas grandes cidades.

<sup>22</sup> Estadão. Lixões geram prejuízo anual de US\$ 370 mi para sistema de saúde. 29 set. 2015. Disponível em: <<https://ciencia.estadao.com.br/noticias/geral,lixoes-geram-custo-anual-de-us-370-milhoes-para-sistema-desauade,1771302>>. Acesso em 22 nov. 2019. ISWAL. The Tragic Case of Dumpsites. 2015. Disponível em: [https://www.iswa.org/fileadmin/galleries/Task\\_Forces/THE\\_TRAGIC\\_CASE\\_OF\\_DUMPSITES.pdf](https://www.iswa.org/fileadmin/galleries/Task_Forces/THE_TRAGIC_CASE_OF_DUMPSITES.pdf). Acesso em 10 mar. 2020.

<sup>23</sup> Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE). Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil. 2018. Disponível em: <<http://abrelpe.org.br/download-panorama-2018/>>. Acesso em 21 nov. 2019.

<sup>24</sup> Vide art. 56, § 1º, incisos I e II, da Lei nº 9.605/98 (Lei de Crimes Ambientais).

No Tratado Internacional Agenda 21 – a Cúpula da Terra – documento produzido na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento de 1992, conhecido como Eco-92, no Rio de Janeiro/RJ, há orientação no sentido de que haja coleta e eliminação do lixo, por meio do desenvolvimento de tecnologias adequadas para a eliminação de lixo sólido, fundamentadas em uma avaliação de seus riscos para a saúde, e por meio do desenvolvimento de instalações adequadas para a eliminação do lixo sólido nas grandes cidades.<sup>25</sup>

Novamente, o Rio de Janeiro/RJ recebeu a Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável, a Rio + 20, no ano de 2012.

Ao tratar de cidades sustentáveis e assentamentos humanos, o Relatório indica a necessidade de abordagens integradas de planejamento e gestão, por meio de uma gestão sustentável de resíduos através da aplicação dos 3Rs (reduzir, reutilizar e reciclar). Na quarta mesa de discussões, encontra-se a recomendação de se promover o uso de resíduos como fonte de energia renovável em ambientes urbanos.<sup>26</sup>

Em 2015 foi votada a Agenda 2030, em reunião na sede da Organização das Nações Unidas (ONU) em Nova York, tendo sido traçados 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) globais e 169 metas<sup>27</sup>. Os ODS e metas são definidos em termos globais na forma de

<sup>25</sup> ONU. Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. Capítulo 6. Proteção e promoção das condições da saúde humana. Disponível em: [http://www.mma.gov.br/estruturas/agenda21/\\_arquivos/cap06.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/agenda21/_arquivos/cap06.pdf). Acesso em: 09 mar. 2020.

<sup>26</sup> ONU. Report of the United Nations Conference on Sustainable Development. 2012. Disponível em: [http://www.un.org/ga/search/view\\_doc.asp?symbol=A/CONF.216/16&Lang=E](http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/CONF.216/16&Lang=E) Acesso em 09 mar. 2020

<sup>27</sup> A agenda foi resultado da Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável, Rio + 20, sediada novamente no Rio de Janeiro/RJ, tendo sido elaborado o documento final intitulado “O futuro que queremos”, cujo grupo de trabalho resultou nos 17 ODS e 169 metas da Agenda 2030.



aspirações universais, integradas e indivisíveis, mas cada governo deve definir suas próprias metas nacionais nos processos de políticas e estratégias de planejamento, nos campos econômico, social e ambiental.

Dentre os objetivos de assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis (ODS 12), encontra-se a meta de alcançar o manejo ambientalmente saudável de todos os resíduos até 2020, e até 2030, reduzir substancialmente a geração de resíduos por meio da prevenção, redução, reciclagem e reuso<sup>28 29</sup>.

Os resíduos orgânicos representam 50% dos RSU dos países em desenvolvimento, exigindo, portanto, uma gestão adequada e especializada pelo poder público, com o objetivo de minimizar os custos e severos impactos ambientais, além de produzir importantes subprodutos como energia (elétrica e térmica), fertilizantes (compostagem anaeróbica) e biocombustíveis (biometano).<sup>30</sup>

A partir da biodigestão do resíduo orgânico produz-se o biogás, que é utilizado para gerar energia elétrica. O biogás é um gás de alto poder calorífico produzido pela decomposição biológica anaeróbica de resíduo orgânico, que pode ser queimado em motogeradores para produção de energia elétrica.

Além da geração de energia elétrica, após passar por um processo de purificação, esse gás transforma-se em biometano, que possui a mesma destinação do gás natural, podendo ser utilizado em domicílios, indústrias e veículos automotores, por exemplo. Uma usina de biometano possui vantagens sistêmicas por gerar energia elétrica próxima ao consumo, por ser uma usina autossuficiente e por incentivar a reutilização da matéria orgânica produzida.

De acordo com dados da ZEG Biogás, uma usina padrão de biogás equivale a 443.886 árvores plantadas, a menos 1.073.697 km rodados por caminhões de lixo por ano, a 2.828.520 litros de diesel por ano ou 2.332.800 kg de GLP substituídos por ano.

Importante destacar que a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) incluiu, pela primeira vez, o biogás no Plano Decenal da Expansão (PDE), prevendo uma geração de 30 MW por ano da fonte.

No PDE 2027, a EPE aponta que o maior potencial de produção do biogás encontra-se na utilização dos resíduos do setor sucroenergético, podendo ser consumidor diretamente ou purificado, para produção de biometano.

De acordo com as premissas adotadas, o PDE 2027 estima que, em relação à biomassa, biogás (ambas de CVU nulo) e resíduos florestais, “a expansão total no horizonte decenal foi

<sup>28</sup> ONU. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/wp-content/uploads/2015/10/agenda2030-pt-br.pdf>>. Acesso em 24 mar. 2019.

<sup>29</sup> O Brasil criou a Comissão Nacional para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, por meio do Decreto nº 8.892, de 27 de outubro de 2016.

<sup>30</sup> THEMELIS, Nikolas J., BARRIGA, Maria Elena Diaz, ESTEVEZ, Paula, Et al. Guidebook for the Application of Waste to Energy Technologies in Latin America and The Caribbean. 2013. Disponível em: [http://www.seas.columbia.edu/earth/wtert/pressreleases/Guidebook\\_WTE\\_v5\\_July25\\_2013.pdf](http://www.seas.columbia.edu/earth/wtert/pressreleases/Guidebook_WTE_v5_July25_2013.pdf). Acesso em 10 mar. 2020; ONU. Waste Management Outlook for Latin America and the Caribbean. 2018. Disponível em: <https://www.unenvironment.org/ietc/publication/waste-management-outlook-latin-america-and-caribbean>.

de 2.600 MW, representados no subsistema Sudeste/Centro-Oeste”.<sup>31</sup> Assim, justamente pelo potencial e a modesta participação desta fonte no ambiente regulado de comercialização de energia, a EPE aponta que o biogás pode ser “uma oferta na cesta de projetos candidatos à expansão centralizada”.<sup>32</sup>

Com a adoção de métodos de recuperação energética e de insumos, torna-se possível evitar que os resíduos sejam depositados em aterros que, muitas vezes, não previnem emissões líquidas e gasosas para o meio ambiente.

No Brasil, as usinas de tratamento térmico de resíduos vêm sendo instaladas em escala industrial, aguardando demanda para iniciar operações contínuas, a exemplo da usina de biodigestão da CS Bioenergia em Curitiba, algumas pequenas plantas de P&D e usinas de captação de gás de aterro.

Uma planta WTE gera, em média, 600 kWh de eletricidade por tonelada de RSU, ao passo que aterros com captadores de biogás extraem em média 65 kWh por tonelada, ou seja, uma usina WTE possui eficiência energética quase dez vezes superior, isso sem contar que a eletricidade gerada a partir de resíduos em ambiente de aterro é extraída lentamente ao longo do tempo, enquanto a eletricidade é gerada imediatamente em usina WTE.<sup>33</sup>

<sup>31</sup> Empresa de Pesquisa Energética (EPE). Plano Decenal de Expansão de Energia 2027, p. 65. Disponível em: <[http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dadosabertos/publicacoes/Documents/PDE%202027\\_aprovado\\_OFICIAL.pdf](http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dadosabertos/publicacoes/Documents/PDE%202027_aprovado_OFICIAL.pdf)>. Acesso em: 06 mar. 2020

Ao considerar a instalação de uma planta WTE, é importante ter um setor de resíduos bem gerenciado onde existam regulamentações e fiscalização, de modo que os materiais não recicláveis sejam descartados em aterros sanitários.

Nessa situação, presume-se que todos os não recicláveis serão realmente eliminados em locais controlados e, portanto, a sua transição para instalações de WTE garantirá um fornecimento de resíduos.

O controle do fluxo de insumos de RSU e resíduos industriais é importante porque a boa operação de uma planta de incineração de RSU depende de um suprimento contínuo de resíduos com variações relativamente pequenas no poder calorífico (ISWA, 2013).

Os requisitos supramencionados são, em geral, cumpridos em sistemas consolidados de gestão de resíduos sólidos. A coleta, o transporte e a disposição podem ser tratados por diferentes organizações, mas o sistema como um todo está normalmente sob controle financeiro e orçamentário público, já que o custo dos resíduos sólidos urbanos é, em última análise, coberto pelos geradores de resíduos por meio do pagamento de impostos e tarifas.

Segundo a EPE, o Brasil tem um potencial para gerar até 5,4% da demanda nacional por meio de usinas de tratamento térmico de RSU, com 106 unidades gerando 236.520 GWh/ano e uma potência instalada total de 3.176 MW.

<sup>32</sup> Ibidem. p. 53.

<sup>33</sup> KLINGHOFFER, Naomi B. e CASTALDI, Marco J. Waste to energy conversion technology. Woodhead Publishing: Cambridge, 2013, p. 17.

Há também o potencial de gerar 1,5% da demanda nacional por meio da biodigestão anaeróbica acelerada, com a capacidade instalada total de 868 MW, gerando 6.701 GWh/ano.

No total, estima-se que os RSU podem gerar até 7% da demanda nacional.<sup>34</sup>

Estima-se que o País poderá receber o montante aproximado de 28 bilhões de reais em investimentos e, assim, resultar em geração de emprego e renda, sendo que, até 2031, sejam necessários R\$ 11,6 bilhões/ano (aproximadamente US\$ 3 bilhões) em investimentos em infraestrutura para garantir a universalidade da gestão sustentável de resíduos sólidos no Brasil.<sup>35</sup>

Sendo assim, a recuperação de energia dos resíduos se traduz em:

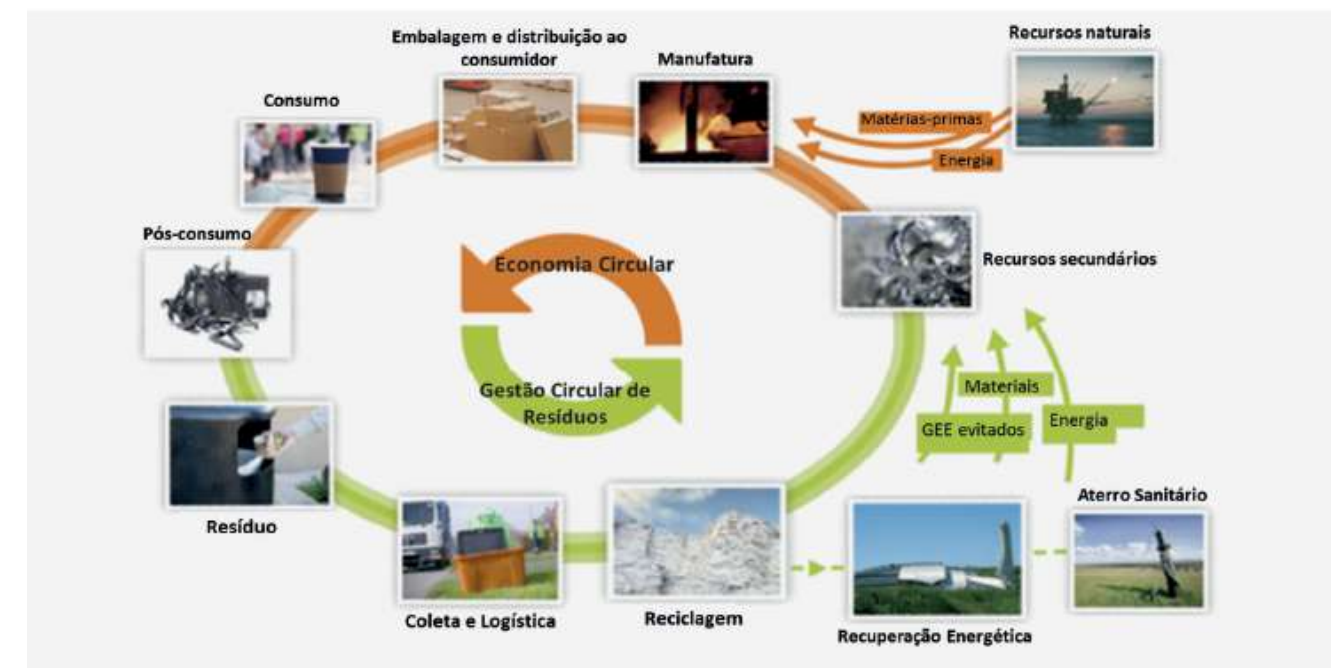
- I. Benefícios estratégicos, haja vista que contribui como fonte alternativa de energia;
- II. Benefícios ambientais, porquanto contribuiu para a mitigação de GEE e evita contaminação dos recursos hídricos, tão escassos;
- III. Benefícios socioeconômicos, oriundos do desenvolvimento de tecnologia nacional e emprego de mão de obra, tanto qualificada quanto não qualificada, nas várias etapas do processo da recuperação energética a partir dos resíduos, com geração de renda e incremento econômico local, dando mais visibilidade ao município e ajudando na atração de novos investimentos. O desperdício, por outro lado, acarreta ônus para o poder público e para os cidadãos

<sup>34</sup> EPE. Inventário Energético dos Resíduos Sólidos Urbanos. Nota Técnica DEA 18/14. Série Recursos Energéticos. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dadosabertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-251/topico-311/DEA%2018%20->

### 5.3 RECUPERAÇÃO ENERGÉTICA NA GESTÃO DO RSU E ECONOMIA CIRCULAR

As plantas de Waste-to-Energy realizam a recuperação energética dos rejeitos resultantes dos processos de reaproveitamento e reciclagem dos RSU e outros resíduos, atuando como canalizadores dos materiais que eventualmente prejudicam a cadeia produtiva da reciclagem e poluem o meio ambiente.

Figura 50. WTE na Economia Circular



Fonte: Sita UK (2009)

<a href="http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dadosabertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-251/topico-311/DEA%2018%20-">%20%20Invent%C3%A1rio%20Energ%C3%A9tico%20de%20Res%C3%ADduos%20S%C3%B3lidos%20Urbanos%5B1%5D.pdf.> Acesso em 06 mar. 2020.

<sup>35</sup> Climate Bonds Initiative. Oportunidades de investimento em infraestrutura à Nível Municipal no Brasil. 2018.

A recuperação energética é um método higiênico para tratar rejeitos e transformá-los em energia sob a forma de vapor, eletricidade ou água quente. A eletricidade é injetada na rede e distribuída para o consumidor final; a água quente, dependendo da infraestrutura local, pode ser enviada ao sistema distrital mais próximo de aquecimento/resfriamento para residências, hospitais, escritório, etc.; e o vapor pode ser aproveitado nos processos de produção da indústria mais próxima.

O sofisticado sistema de limpeza dos gases de combustão é uma das partes mais importantes de qualquer sistema moderno de WTE e, portanto, permite que as plantas atualmente garantam emissões muito baixas de poluentes.

Metais ferrosos e não ferrosos são extraídos das cinzas e reciclados, enquanto a fração mineral das próprias cinzas pode ser utilizada como material secundário na construção civil.

Dessa forma, o rejeito é aproveitado como uma fonte local e sustentável de energia, bem como recursos secundários que contribuem para as metas ambientais e de segurança energética.

A meta da economia circular para os países membros da União Europeia é fazer com que a reciclagem chegue a níveis de 65% em 2035, incluindo a reciclagem mecânica tradicional e a recuperação energética.

Como resultado dessa política, a União Europeia espera que a quantidade de resíduos tratados nas plantas WTE, destruindo com segurança os poluentes, irá gerar 18 TWh de energia (calor e eletricidade) e economizar 115 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>eq, contribuindo

para a redução da emissão de GEE na atmosfera e para as metas de mitigação dos efeitos do aquecimento global.

Cerca de 60% dos RSU no Brasil vão diretamente para aterros sanitários, ainda que o gás gerado neles (metano) contribua significativamente para o aquecimento global (25 vezes mais impactante que o CO<sub>2</sub>). Um aterro sanitário também ocupa uma área que poderia ser aproveitada e enterra potenciais fontes preciosas de energia – uma planta WTE ajuda a desviar os rejeitos dos aterros sanitários e a energia gerada nela contribui para a proteção do clima ao substituir combustíveis fósseis que seriam queimados em plantas convencionais.

Uma fração significativa dos rejeitos enviados para plantas de WTE são biogênicos (biomassa), o que significa que cerca de metade da energia gerada é de fonte renovável. O mesmo ocorre quando os resíduos orgânicos são separados na fonte, uma vez que ainda existe uma quantidade significativa de biomassa nos rejeitos que está demasiadamente poluída para compostagem de qualidade e que não é fácil de segregar.

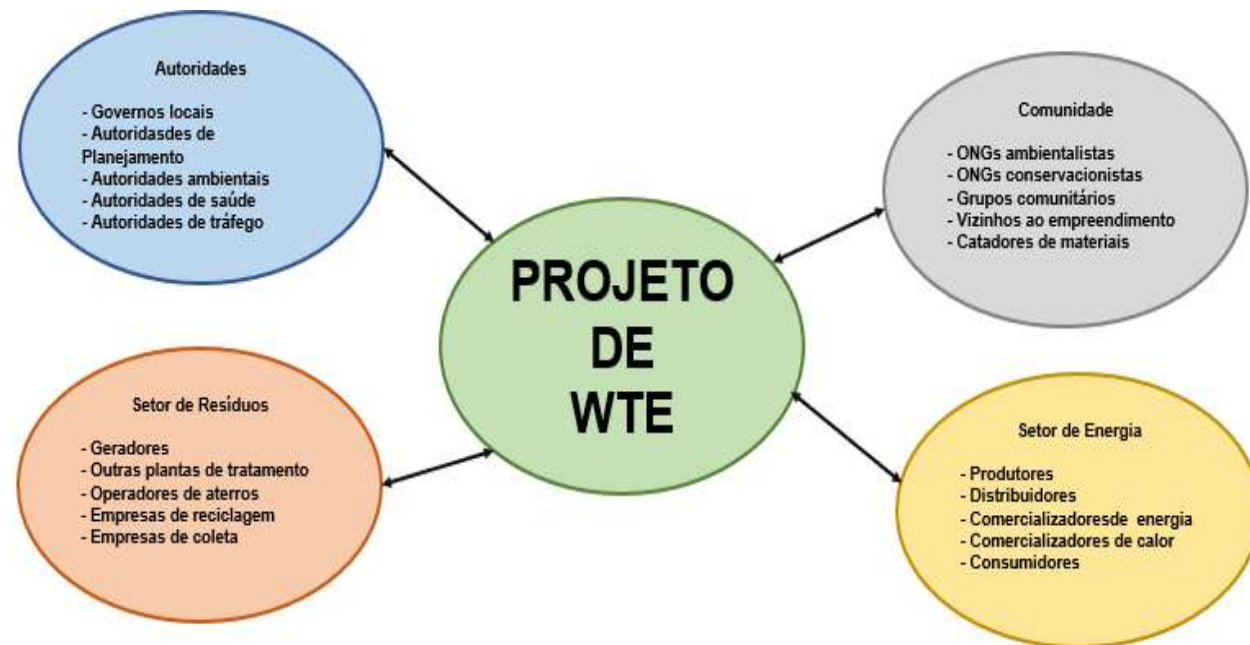
Para desenvolver o potencial total de um sistema WTE para fornecer energia e aquecimento/resfriamento distrital, é necessário desenvolver infraestrutura. O relatório do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (Pnud) conclui que "os incineradores de resíduos produzem calor de baixo custo e muitas vezes iniciam o desenvolvimento da rede de aquecimento ou resfriamento de uma cidade".

No Brasil, o sistema WTE torna-se uma ponte importante entre a política energética e a economia circular, dois temas que devem ser priorizados na agenda do país; o fornecimento de energia local e sustentável dos rejeitos que iriam para aterros sanitários contribui para as metas climáticas e a qualidade do ar.

○ 5.4 FATORES ENVOLVIDOS NA RECUPERAÇÃO ENERGÉTICA NA GESTÃO DO RSU

Devem ser considerados múltiplos stakeholders quando do planejamento e da investigação sobre a viabilidade da incineração de RSU, pois seus interesses e intenções podem não estar plenamente alinhados. A implantação bem-sucedida de uma planta de incineração de RSU é altamente dependente de leis, regulações e procedimentos em vigor no país de interesse.

Figura 51. Atores de interesse dos projetos de WTE



Fonte: ISWA,2013.

A instalação de uma planta de incineração de resíduos pode, em princípio, ser iniciada por diferentes setores, por exemplo, de resíduos ou de energia. Em ambos os casos, a planta pode ser de propriedade pública ou privada ou de capital misto.

Em qualquer caso, é importante que a planta seja parte integrante do sistema de gestão de resíduos e que existam acordos vinculativos de longo prazo relativos às taxas de depósito, ao fornecimento de resíduos e à venda de energia. A natureza destes acordos varia conforme a estrutura organizacional.

5.4.1 SETOR DE ENERGIA

Considerando que a incineração de RSU é um método caro em comparação com a disposição em aterros sanitários, a fim de manter as taxas de entrada baixas o suficiente, é importante vender a energia produzida. As perspectivas de venda de energia devem ser consideradas em longo prazo quando se planeja a criação de uma planta de incineração de RSU e exige contratos e garantias do investidor.

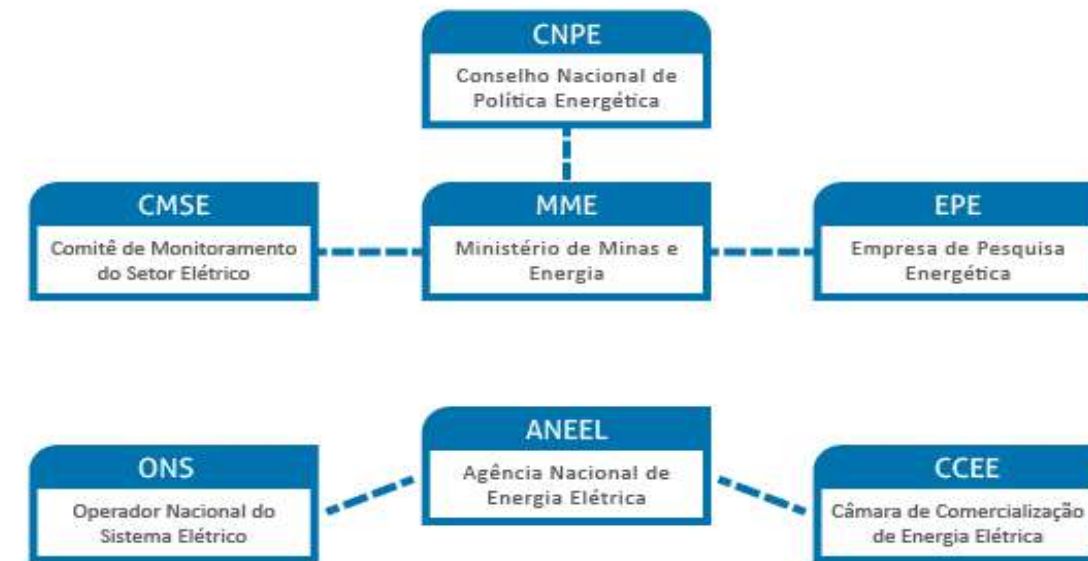
O setor de energia, em alguns países, pode ser regulado por tributação ou subsidiar tecnologias energéticas específicas, como a energia renovável e a energia produzida pelas plantas WTE. Deve-se considerar que a tributação e as subvenções podem ser canceladas subitamente e, por isso, o financiamento da planta não deve depender exclusivamente desses subsídios e, sim, ser sustentável.

Uma cooperação desde o início entre os consumidores de energia e a operadora da planta é favorável, uma vez que a viabilidade da instalação depende muito da venda de energia.

O setor elétrico brasileiro envolve uma grande infraestrutura e muita organização para que funcione. Mesmo assim, o setor continua sendo um dos mais conservadores do país e grandes mudanças ou avanços em sua estrutura são difíceis de ocorrer.

A lentidão e conservadorismo do setor faz com que a eficiência do mercado como um todo seja prejudicada, pois novas práticas (que muitas vezes já são comuns em outros países) não ocorrem por aqui. Um exemplo é o acesso à energia do mercado livre para pequenos consumidores, onde pessoas físicas poderiam fazer uma escolha na hora de contratar sua fonte de geração de energia.

O mercado livre (onde pode-se escolher quem é o gerador) hoje no Brasil movimenta cerca de 25% da energia comercializada, porém é restrito para os grandes consumidores de energia do país. A figura abaixo ( figura 52) ilustra as diversas entidades que tem como objetivo regular e operacionalizar o sistema elétrico brasileiro



#### 5.4.1.1 AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL

A Aneel tem as atribuições de (i) regular e fiscalizar a produção, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica, (ii) zelar pela qualidade dos serviços prestados, pela universalização do atendimento e pelo estabelecimento das tarifas para os consumidores finais, sempre preservando a viabilidade econômica e financeira dos agentes e da indústria, também é responsabilidade da Aneel.

As alterações promovidas em 2004 pelo atual modelo do setor estabeleceram como responsabilidade da Aneel, direta ou indiretamente, a promoção de licitações na modalidade de leilão para a contratação de energia elétrica pelos agentes de distribuição do Sistema Interligado Nacional - SIN. Desde então, a Aneel tem delegado a operacionalização desses leilões à CCEE.

#### 5.4.1.2 COMITÊ DE MONITORAMENTO DO SETOR ELÉTRICO - CMSE

O CMSE é um órgão sob coordenação direta do Ministério de Minas e Energia - MME, criado com a função de acompanhar e avaliar a continuidade e a segurança do suprimento elétrico em todo o território nacional. Suas principais atribuições incluem: (i) acompanhamento do desenvolvimento das atividades de geração, transmissão, distribuição, comercialização, importação e exportação de energia elétrica; (ii) avaliação das condições de abastecimento e de atendimento; (iii) realização periódica de análise integrada de segurança de abastecimento e de atendimento; (iv) identificação de dificuldades e obstáculos que afetem a regularidade e a segurança de abastecimento e expansão do setor; e (v) elaboração de propostas para ajustes e ações preventivas que possam restaurar a segurança no abastecimento e no atendimento elétrico.

A Câmara de Comercialização passou a compor o CMSE em 2004, conforme estabelecido no Decreto n. 5.175.

#### 5.4.1.3 CONSELHO NACIONAL DE POLÍTICA ENERGÉTICA - CNPE

O CNPE é um órgão interministerial de assessoramento à Presidência da República que tem como principais atribuições a formulação de políticas e diretrizes de energia que assegurem o suprimento de insumos energéticos a todas as áreas do país, incluindo as mais remotas e de difícil acesso. Também é responsável por revisar periodicamente as matrizes energéticas aplicadas às diversas regiões do país, por estabelecer diretrizes para programas específicos – como os de uso do gás natural, do álcool, de outras biomassas, do carvão e da energia

termonuclear –, e por estabelecer diretrizes para a importação e a exportação de petróleo e gás natural.

#### 5.4.1.4 EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE

A EPE é uma instituição vinculada ao Ministério de Minas e Energia cuja finalidade é a prestação de serviços na área de estudos e pesquisas destinadas a subsidiar o planejamento do setor energético. Entre suas principais atribuições estão: (i) a realização de estudos e projeções da matriz energética brasileira; (ii) a execução de estudos que propiciem o planejamento integrado de recursos energéticos; (iii) o desenvolvimento de estudos que propiciem o planejamento de expansão da geração e da transmissão de energia elétrica de curto, médio e longo prazos; (iv) a realização de análises de viabilidade técnico-econômica e socioambiental de usinas; e (v) a obtenção da licença ambiental prévia para aproveitamentos hidrelétricos e de transmissão de energia elétrica.

#### 5.4.1.5 MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME

O MME é o órgão do governo federal responsável pela condução das políticas energéticas do país. Suas principais obrigações incluem a formulação e a implementação de políticas para o setor energético, de acordo com as diretrizes definidas pelo Conselho Nacional de Política Energética - CNPE. Também é responsável por estabelecer o planejamento do setor energético nacional, por monitorar a segurança do suprimento do setor elétrico brasileiro e por definir ações preventivas para restauração da segurança de suprimento no caso de desequilíbrios conjunturais entre oferta e demanda de energia.

#### 5.4.1.6 OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO - ONS

O ONS é a instituição responsável por operar, supervisionar e controlar a geração de energia elétrica no Sistema Integrado Nacional - SIN e por administrar a rede básica de transmissão de energia elétrica no Brasil. O ONS tem como objetivos principais o atendimento dos requisitos de carga, a otimização de custos e a garantia de confiabilidade do sistema. Outra responsabilidade da instituição é a definição das condições de acesso à malha de transmissão em alta-tensão do país.

#### 5.4.1.7 SISTEMA INTERLIGADO NACIONAL (SIN)

O sistema de geração e transmissão de energia elétrica que supre as Regiões Sul, Sudeste/Centro-Oeste, Nordeste e parte da Região Norte do Brasil é um sistema elétrico interligado de grande porte que cobre dois terços do território nacional, atingindo cerca de 5 milhões de km<sup>2</sup>. Esse sistema é denominado SIN e atende a aproximadamente 97% do mercado total de energia elétrica do Brasil. Os 3% restantes do mercado de energia elétrica do país são atendidos predominantemente por geradoras termoelétricas, localizadas principalmente na Região Amazônica, e que não estão interligadas ao SIN e, portanto, fora da atuação do Operador Nacional do Sistema - (ONS).

Para os 97% do mercado de energia elétrica que estão sob atuação do ONS, é necessário um sistema de transmissão para que haja fluxo de potência entre as regiões.

O sistema de transmissão é usado como elemento de melhoria da segurança energética do SIN e permite a exploração das complementaridades dos regimes hidrológicos das bacias hidrográficas onde se localizam as usinas, agregando ganhos sinérgicos de energia ao sistema interligado.

O SIN é de suma importância estratégica, pois determina a distribuição da energia dentro do Brasil e monitora os fenômenos que regulam os ciclos chuvosos e de seca na Região Norte e Sul. Uma vez que é período chuvoso no Norte, o Sul passa por um período de seca, da mesma forma, quando o Sul estiver passando por um período chuvoso, o Norte estará passando por seca. Isso faz com que o ONS consiga direcionar a energia produzida pelas hidroelétricas da Região Norte e Sul.

#### 5.4.1.8 ABREN

Em 2019 foi criada a ABREN - Associação Brasileira de Recuperação Energética de Resíduos com o intuito de fomentar as tecnologias Waste-to-Energy, ou recuperação energética de resíduos, resolvendo simultaneamente dois grandes problemas: a destinação dos resíduos sólidos e a geração de energia limpa.

A ABREN é membro silver da International Solid Waste Association - ISWA desde 2019, sendo representante brasileira da maior instituição de gestão de resíduos sólidos do mundo

Os principais objetivos da ABREN são:

- Representar empresas associadas que sejam autorizadas de recuperação energética de resíduos, reciclagem, compostagem, logística reversa, fabricantes de



equipamentos de recuperação energética de resíduos, de acordo com suas demandas individuais ou coletivas no que se referir ao contato junto a organizações nacionais e internacionais, órgãos e autoridades públicas, autarquias, empresas públicas, sociedades de economia mista, agências ou assemelhados, federais, estaduais e municipais, direta ou indiretamente afetas ao setor de recuperação energética de resíduos;

- Acompanhar a tramitação de propostas, projetos de lei e medidas provisórias de interesse das associadas no Congresso Nacional, assembleias legislativas estaduais e distrital e câmaras legislativas municipais;
- Promover e firmar parcerias, consórcios, cooperativas, grupos de trabalho intergovernamentais, convênios, contratos e receber doações dos mais diversos tipos de empresas, organizações e instituições tanto públicas quanto privadas que estiverem em sintonia com os propósitos e valores da ABREN e seus associados;
- Certificar adequadamente empresas e empreendimentos que realizam recuperação energética de resíduos, compostagem, reciclagem, logística reversa, concessionárias e permissionárias de distribuição de energia elétrica que comprem energia elétrica proveniente da geração de energia por resíduos, indústria, comércio e órgãos públicos que destinam resíduos para empreendimentos de recuperação energética, reciclagem e compostagem, entre outros;
- Propor soluções legais e regulatórias para viabilizar técnica e financeiramente projetos de interesse do setor de recuperação energética de resíduos, em consonância com os valores da associação;
- Promover treinamentos e disseminar o conhecimento sobre a recuperação energética de resíduos através dos mais diversos meios de comunicação e eventos periódicos, como workshops, seminários e congressos que tragam visibilidade, bem como parcerias com instituições de ensino e organizações;
- Promover, realizar e gerir estudos e projetos de Pesquisa & Desenvolvimento (P&D) de recuperação energética de resíduos, reciclagem, compostagem, geração híbrida,

automação e outras tecnologias disruptivas no âmbito da ANEEL e de outras instituições de pesquisa, assim como promover a divulgação de conhecimento técnico e científico no âmbito acadêmico, político e comunitário;

#### 5.4.1.9 A COMUNIDADE

É de extrema importância assegurar um programa aberto de informação com comunidade, ONGs ou outros grupos que possam ter interesse na planta WTE.

Desde o início, é preciso envolver a comunidade no projeto e fazer campanhas de sensibilização sobre os benefícios ambientais e financeiros de sua implementação. Além disso, a instalação pode estar localizada perto de áreas residenciais e uma possível expansão causará impactos na paisagem e no modo de vida local; o tráfego também será influenciado e, portanto, toda informação deve ser compartilhada com a comunidade local.

As campanhas de informação precisam ser abertas, honestas e apresentadas em linguagem de fácil compreensão para todos. A oposição local pode ser forte e adiar a implementação; experiências de casos anteriores mostram que, se representantes locais (vizinhos, ONGs ambientalistas, catadores de materiais recicláveis etc.) participarem no grupo de comunicação, os obstáculos podem ser superados mais facilmente (ISWA, 2013).

#### 5.4.1.10 AUTORIDADES

As autoridades ambientais devem estabelecer normas claras para as emissões das instalações de WTE, bem como normas para as cinzas de fundo e as cinzas volantes. Se

não houver normas locais, a União Europeia (EU) ou a legislação dos Estados Unidos da América (EUA) podem ser utilizadas como base para seu desenvolvimento.

A autoridade sanitária deve também ser envolvida para assegurar que todos os aspectos necessários sejam tidos em conta durante o processo de avaliação do impacto ambiental.

A seguir é dada uma lista indicativa de interessados que poderiam estar envolvidos em um projeto WTE no Brasil.

Figura 53. Atores que devem ser os maiores interessados nos projetos de WTE no Brasil

Ator	Interesse do ator	Possível influência do Ator
Ministério do Meio Ambiente	O processo exigem um estudo de impacto ambiental (EIA)	Encerramento, atraso ou mudança no projeto
	Supervisão e fiscalização do sistema	
	Definição de políticas ambientais	Obstáculos burocráticos
	Busca por alcançar padrões internacionais de práticas ambientais	
Ministério da Saúde	O resíduo é gerenciado de forma adequada e as emissões atmosféricas da planta estão dentro dos padrões legais	Encerramento atraso ou mudança no projeto
Municípios	Gestão dos RSU.	Fornecimento dos resíduos e pagamento pela disposição
	Dispondo de uma alternativa economicamente competitiva para a disposição dos resíduos	Negociação de contratos Gestão dos problemas do sistema
Ministério de Minas e Energia	Proposição e regulamentação de incentivos para energia limpa	Falta de clareza e transparência no cálculo das taxas de disposição dos resíduos Diminuição das iniciativas de reciclagem
Governos locais	Benefícios sociais e de saúde ambiental para população	Regulamentação dos preços da energia
	Estímulo a melhoria contínua	Demanda por competência técnica e recursos para abordar questões de curto e longo prazos Resolver conflitos com várias partes interessadas
Catadores	Mudanças no sistema de gestão de resíduos podem afetar ou eliminar sua fonte de renda	As atividades dos catadores podem afetar as propriedades e quantidades de resíduos disponíveis
Grupos comunitários/associações de bairros	Melhoria da qualidade de vida devido a melhorias no meio ambiente	Encerramento, atraso ou mudança no projeto devido aos protestos da comunidade
	Oportunidade de geração de empregos	
	Impactos negativos	
ONGs ambientalistas	Redução dos impactos ambientais da gestão de resíduos no meio ambiente	Encerramento, atraso ou mudança no projeto devido aos protestos da ONG ou mesmo apoio caso o projeto cause impactos positivos
Vizinhança	Vizinhança livre de ruídos, particulados, tráfego pesado e impactos visuais	Encerramento, atraso ou mudança no projeto devido aos protestos dos moradores
	Impacto nos preços dos imóveis	
Empresas de coleta e transporte	Manutenção ou expansão dos negócios	Novos requisitos na segregação, contentores e veículos
Fornecedores de energia	Preferência por poucos fornecedores e altos preços para a energia	Variação do preço da energia devido ao valor dos combustíveis fósseis e à seca
Plantas de disposição final	Desejo de receber mais resíduos	Possível diminuição da taxa pelo aumento da competitividade
	Concorrer e ganhar licitações públicas	
Municípios vizinhos	Dispondo de uma alternativa economicamente competitiva para a disposição dos resíduos	Fornecer resíduos para a planta e pagamento pela disposição

Fonte: organizado por D-Waste, 2016. - Tradução por: Gabriela GPO Sartini, 2016.

## ○ 5.5 QUADRO REGULATÓRIO BRASILEIRO PARA RECUPERAÇÃO ENERGÉTICA DE RESÍDUOS

### 5.5.1 POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Após duas décadas de debates, em agosto de 2010, o Brasil sancionou a Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei Federal n. 12.305/2010, mediante alteração da Lei n. 9.605/1998 e estabelecendo as diretrizes para uma gestão integrada e adequada de resíduos sólidos.

A PNRS estabelece princípios, objetivos, instrumentos e diretrizes para a gestão integrada dos RSU no país, incluindo também os resíduos perigosos, a responsabilidade compartilhada dos geradores e do poder público, bem como instrumentos econômicos aplicáveis.

Aparentemente, a PNRS considerou as principais tendências globais para a gestão de resíduos e mais especificamente a hierarquia na gestão, estando entre seus principais objetivos:

- Prevenção e redução na geração de resíduos;
- Melhor aproveitamento dos produtos sempre que possível;
- Segregação das frações e processamento dos resíduos em plantas de reciclagem.;
- Adoção de ações de recuperação energética dos resíduos que não puderem ser reciclados;
- Tratamento e disposição final com as melhores tecnologias disponíveis e a custos acessíveis.

Além da hierarquia de resíduos, a lei, entre outros, se concentra nos meios para alcançar os objetivos acima, ressaltando a importância de:

- Gestão integrada de resíduos sólidos;
- Coordenação entre diferentes níveis do governo e setor empresarial com o propósito de estabelecer uma cooperação técnica e financeira visando à gestão integrada de resíduos;
- Incentivos para o desenvolvimento de sistemas de gestão ambiental e empreendedorismo voltados ao aprimoramento dos processos produtivos e reuso dos resíduos sólidos, incluindo recuperação e consumo de energia.

No artigo 9º, a PNRS menciona que *“poderão ser utilizadas tecnologias para a recuperação energética de RSU desde que sejam comprovadas a viabilidade técnica e ambiental e seja implementado um programa de monitoramento das emissões de gases tóxicos aprovado pelo órgão ambiental competente”*, descrevendo como a recuperação energética dos resíduos pode acontecer no Brasil.

Para atingir suas metas e objetivos, a PNRS propõe regras em escala nacional e interpreta a responsabilidade como compartilhada entre governo, setor privado e sociedade. Na prática, afirma que todos os resíduos devem ser processados adequadamente antes da disposição final e que o infrator está sujeito às sanções legais.

Mais especificamente, a PNRS define as autoridades municipais como principais responsáveis pela limpeza urbana, coleta e disposição final de resíduos. Além disso, devem estabelecer a coleta seletiva de materiais recicláveis e sistemas de compostagem para resíduos orgânicos; desta forma, obtêm benefícios ambientais e econômicos ao preservar

os recursos naturais, aproveitar o valor dos materiais e sustentar seus aterros sanitários, uma vez que receberão quantidades menores de resíduos.

De sua parte, os cidadãos devem participar do sistema de coleta seletiva estabelecido, segregando e acondicionando adequadamente os resíduos sólidos reutilizáveis e recicláveis que geram.

A PNRS também envolve as empresas na cadeia de gestão de resíduos sob o princípio da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos e pela logística reversa. A logística reversa é considerada um marco da política brasileira de resíduos sólidos, segundo a qual, quando um produto chega ao fim de sua vida útil, é devolvido ao seu fabricante ou importador para reciclagem ou outro tratamento adequado.

Por último, um fato que não deve ser ignorado é o significado dado à integração dos catadores informais no sistema oficial de gestão de resíduos sólidos. Dessa forma, as autoridades públicas poderão reduzir os grandes investimentos em equipamentos e pessoal, trabalhando para atingir as metas estabelecidas para redução, reciclagem e desvio de resíduos dos aterros sanitários.

#### 5.5.2 RESOLUÇÃO SMA/SP N. 79, DE NOVEMBRO DE 2009

Antes do estabelecimento da Política Nacional de Resíduos Sólidos, a necessidade de uma solução sólida e sustentável para a crescente questão da gestão de resíduos levou o estado de São Paulo a estabelecer a Resolução n. 79, de 4 de novembro de 2009, que estabelece requisitos e limites de emissão relativos ao funcionamento e ao licenciamento de instalações de valorização energética de resíduos sólidos.

A resolução ressalta que o tratamento térmico de resíduos é considerado “uma tecnologia de mitigação no enfrentamento do aquecimento global, bem como um Mecanismo de Desenvolvimento Limpo pelo Comitê Executivo da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (Conselho Executivo – UNFCCC)”.

Ainda de acordo com a resolução, o uso de RSU como fonte de energia renovável elimina os efeitos adversos da disposição direta no solo e destaca a necessidade de adotar alternativas sustentáveis principalmente nas regiões metropolitanas de São Paulo, onde o volume de resíduos gerado é muito alto e a disponibilidade de áreas é quase inexistente.

Além disso, é claramente afirmado que foram desenvolvidas tecnologias de controle de emissões reconhecidas internacionalmente, especialmente sobre poluentes orgânicos persistentes (POPs) para a recuperação energética de RSU.

Sem dúvida, a Resolução n. 79 estabelece um quadro estreito no âmbito do qual as unidades de valorização energética dos resíduos sólidos funcionariam adequadamente, assegurando operações sólidas, proteção da saúde humana e do ambiente e recuperação/geração de energia a partir de fontes renováveis, como resíduos.

#### 5.5.3 PLANO MUNICIPAL DE GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE LAURO DE FREITAS

A Lei n. 1721, de 28 de dezembro de 2017, que institui a Política Municipal de Saneamento Básico do Município de Lauro de Freitas, Estado da Bahia, e aprova o Plano Municipal de Saneamento Básico – PMSB, em sua Seção I, Art. 5º, determina que o conteúdo de limpeza

urbana e manejo de resíduos sólidos possuirá plano específico, denominado, nos termos da Lei Federal nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, de Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, e após instituído por lei própria, passará a compor o Plano Municipal de Saneamento Básico.

A normativa municipal claramente segue as diretrizes estabelecidas na Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Em seu Art. 6º a PMGRS deixa claro que tem por objetivo, assim como o PNRS, a não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, além de desenvolvimento e adoção de tecnologias limpas como forma de minimizar impactos ambientais. Em seu Art. 7º apresenta como uma das diretrizes do PMGRS o tratamento, como a transformação dos resíduos através de tratamentos físicos, químicos e biológicos.

Assim como a PNRS, a PMGRS de Lauro de Freitas não trata especificamente sobre qual tecnologia se deva adotar para destinação final, mas claramente demonstra preocupação quanto a redução, reutilização e adoção de tecnologias limpas para dirimir problemas relacionadas ao meio ambiente, restando evidente que as plantas de recuperação energética se enquadram perfeitamente nas determinações tanto na PNRS quanto na PMGRS.

#### ○ 5.6 BENEFÍCIOS E DESAFIOS DA RECUPERAÇÃO ENERGÉTICA NA GESTÃO DO RSU

A escolha das tecnologias depende de fatores, como a população atendida (capacidade), a entrada de resíduos e a política que os municípios, a região, a indústria e/ou o governo federal gostariam de seguir.

Como mais de 50% dos resíduos no Brasil são de origem orgânica, parece haver um grande potencial para plantas de digestão anaeróbia, que funcionam eficientemente com capacidade nominal superior a 30 t/dia (mais de 100.000 habitantes atendidos). O metano produzido a partir das instalações de biogás pode ser recuperado, com relativa facilidade, para geração de eletricidade e aquecimento industrial/doméstico.

O combustível derivado de resíduo é promissor, com VCL entre 15-25 kJ/kg, que pode ser utilizado como um substituto ou como um combustível autônomo em indústrias com alto consumo de energia. Isso pode resultar em três grandes vantagens: em primeiro lugar, contribui para a redução de CO<sub>2</sub> das centrais elétricas; em segundo lugar, grandes quantidades de combustíveis fósseis são economizadas por sua substituição pelo CDR. Em terceiro lugar, dá uma possível solução para a crise de gestão de resíduos.

Como já descrito anteriormente, o CDR pode ser aproveitado por diferentes tecnologias de consumo final, sendo as mais comuns:

- 1) Co-combustão em fornos de cimento ou cal;
- 2) Mono-combustão em plantas específicas de WTE, como leito fluidizado ou gaseificação/pirólise;
- 3) Co-combustão em usinas elétricas, por exemplo, de lignito ou carvão, de tecnologias de fundo seco ou úmido;
- 4) Caldeiras industriais;
- 5) Plantas tradicionais de incineração com ou sem geração de energia;
- 6) Indústrias metalúrgicas (produção de aço, por exemplo) para substituição de agentes redutores.

O CDR não é tipicamente produzido para ser usado em plantas WTE. No entanto, devido à eventual baixa qualidade ou devido à falta de outros consumidores, o CDR pode ser aproveitado pelas plantas de recuperação energética de resíduos, inclusive a construção de plantas dedicadas à "gaseificação" ou mesmo plantas de pirólise para recuperar CDR são opções-chave.

No Brasil, o CDR pode ser usado em fornos de cimenteiras e nas indústrias químicas e de processamento de alimentos, que precisam gerar calor/vapor em seus processos.

As plantas de produção de CDR podem ser instaladas nas mesmas condições de outros tipos de plantas de recuperação de resíduos, em zonas industriais, em desenvolvimento, entre outras. Geralmente se localizam com plantas de incineração de resíduos, que possuem restrições próprias de área, e que nem sempre são industriais e/ou em desenvolvimento.

A combustão direta dos resíduos, tal como recebidos na planta, é viável e pode ser amplamente aplicada em cenários com capacidade a partir de 500 t/dia (mais de 900.000 habitantes), sendo menos dispendioso de implementar do que a combinação de uma planta de produção de CDR combinada a uma planta de WTE para CDR. No entanto, é preciso ter em conta que o alto teor de umidade do resíduo brasileiro pode reduzir o VCL do insumo para a incineração e pode haver necessidade de pré-tratamento para secagem.

A adoção de usinas de recuperação energética, conceituadas internacionalmente como usinas Waste-to-Energy (WTE), tem sido motivada tanto pela necessidade de minimizar as externalidades ambientais quanto pelo objetivo de aumentar a participação na produção de energia limpa e renovável.

Durante a última década, as plantas WTE foram criticadas por seu alto custo de instalação e por causarem impactos negativos ao meio ambiente e à saúde pública, desenvolvendo no público em geral dúvidas se as emissões seriam limpas e livres de poluentes químicos.

A realidade é que as plantas WTE contam hoje com sistemas sofisticados de Air Pollution Control (APC), ou Controle de Poluição do Ar, tendo se tornado um dos processos industriais de alta temperatura mais limpos existentes, cumprindo com todos os padrões para as emissões atmosféricas.

Portanto, uma usina WTE detém dois grandes atributos, quais sejam, não é poluente e possui baixíssima intermitência (principalmente quando comparado com as fontes renováveis eólica e solar), com fator de capacidade acima de 90%, porquanto é uma fonte termoelétrica que detém o atributo de geração contínua e ininterrupta em sua operação, salvo paradas para manutenção que ocorrem esporadicamente e de forma planejada.

Além de contribuir para alcançar os almejados critérios de estabilidade e confiabilidade do sistema elétrico, uma usina WTE gera energia a preços competitivos, equiparados às termoelétricas convencionais movidas a gás natural e carvão mineral (combustíveis fósseis).

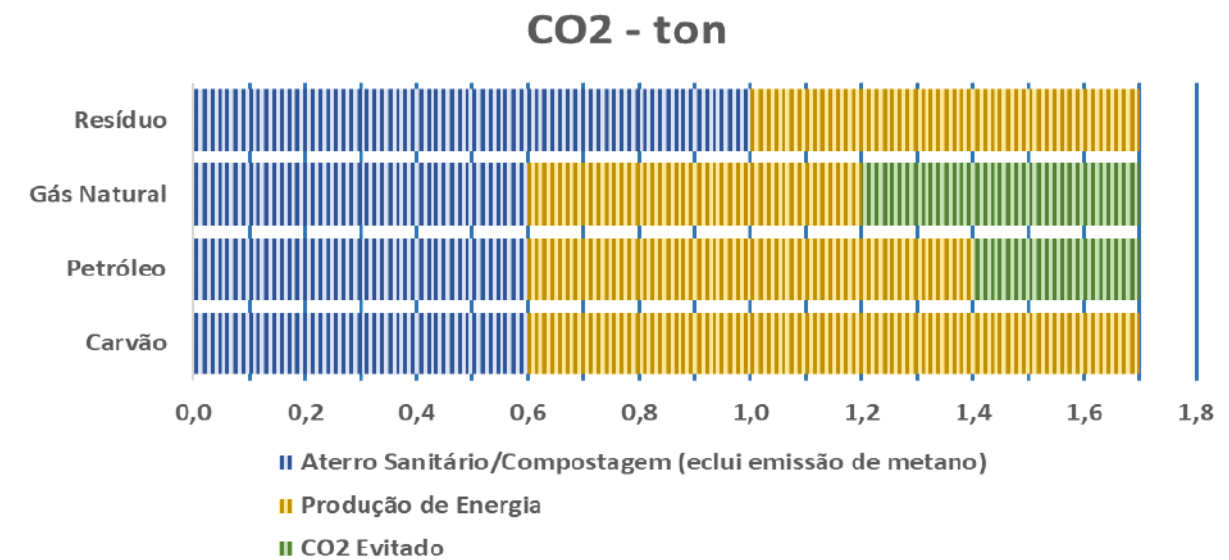
As usinas de recuperação energética constituem forma de geração de energia cujo impacto ambiental é positivo, pois, a despeito de algumas externalidades, como a produção de ínfima parcela de materiais tóxicos, as mesmas reduzem significativamente a emissão de gases de efeito estufa na atmosfera (3% do total das emissões) e risco de contaminação de rios e lençóis freáticos por chorume e lixiviado decorrente do processo de putrefação dos aterros sanitários.

É importante destacar que as usinas WTE podem se enquadrar em critérios de resiliência e mitigação das mudanças climáticas, e esses podem ser importantes fatores de atração de investimentos internacionais, além de atrair uma carteira de operadores de projetos e investidores com mandatos específicos para infraestruturas que mitiguem os riscos climáticos e protegem a água potável disponível no planeta.

De acordo com a Agência de Proteção Ambiental Norte-americana (USEPA), “cerca de uma tonelada de emissões de CO<sub>2</sub>eq tem sua emissão evitada para cada tonelada de RSU que segue para plantas de WTE” devido a:

- Emissões de metano evitadas nos aterros sanitários;
- Emissões evitadas de CO<sub>2</sub> da queima de combustíveis fósseis: quando um megawatt de eletricidade é gerado em uma planta WTE, evita-se o aumento das emissões de dióxido de carbono geradas nas usinas térmicas;
- Emissões evitadas de CO<sub>2</sub> da produção de metais: plantas WTE recuperam mais de 700 mil ton/ano de metais ferrosos para reciclagem, o que economiza energia e evita as emissões de dióxido de carbono da mineração e da produção de novos metais, como o aço;
- Além disso, o uso do digestato como fertilizante do solo é muitas vezes considerado um sumidouro de carbono porque o teor contido nele é depositado no solo e só lentamente é liberado como CO<sub>2</sub>. O sumidouro de carbono imediato é de cerca de 70 kg/ton de RSU orgânico, totalizando 3,5 ton/ano de carbono, assumindo 50 toneladas de resíduos, o que é contrabalançado pela libertação gradual de CO<sub>2</sub> e pela geração do poderoso gás com efeito de estufa, o óxido nitroso, pelos processos biológicos no solo.

Figura 54. Balanço de CO<sub>2</sub> de diferentes fontes de energia

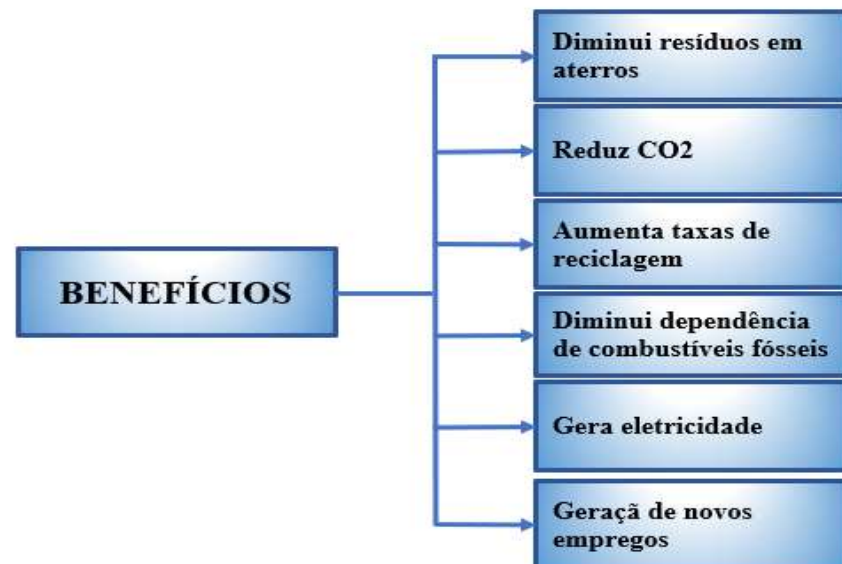


Fonte: D-Waste, 2016. - Tradução por: Gabriela GPO Sartini, 2016.

Outros pontos positivos são:

- Diminuição do uso de aterros sanitários;
- Plantas WTE recebem os resíduos que normalmente seriam enviados para aterros sanitários;
- Redução das emissões de CO<sub>2</sub>;
- Aumento das taxas de reciclagem: estudos norte-americanos demonstraram que comunidades atendidas por plantas de WTE apresentam taxas de reciclagem 20% superiores às da média nacional;
- Criação de empregos locais: até 60 vagas de tempo integral para as posições de gestores e operadores podem ser criadas, e cerca de 80 vagas para a construção;
- Geração de eletricidade: uma planta WTE de 150 ton/dia de RSU pode gerar 3 MW de eletricidade/hora, o suficiente para abastecer 3 mil residências.

Figura 55. Benefícios da recuperação energética de resíduos



Fonte: D-Waste, 2016.

- Para plantas WTE com geração líquida inferior a 30 MW de eletricidade, as taxas de transmissão e distribuição (uso de fios) são zero se pelo menos 50% da energia vier de fonte renovável (Resolução Aneel nº 271);
- Os preços do gás natural são elevados, acima de 9 dólares/ MMBTU, tornando plantas híbridas de ciclo combinado de alta eficiência queimando RSU, e grande disponibilidade de gás natural, não atraentes. Os altos preços da energia termoelétrica estão em torno de 88 dólares/MWhe (o que favorece plantas de alta eficiência);
- O pouco conhecimento da população sobre as opções tecnológicas de recuperação energética ainda causa certa oposição social - o que pode mudar com um trabalho voltado à sensibilização da sociedade;
- O custo do crédito aliado a uma taxa de juros ainda alta – tendo como referência o mercado internacional –, pode dificultar a atratividade de investidores.

#### ○ 5.7 OS DESAFIOS À ADOÇÃO DE PLANTAS WTE SERIAM:

- As taxas de entrada são muito baixas no Brasil, de aprox. 15-20 dólares/t, enquanto as taxas de plantas de WTE podem chegar a 70 dólares/t;
- Alto teor de umidade com valor calorífico baixo de 8 MJ/Kg (3,439 Btu/lb), o que requer pré-tratamento de secagem;
- Impostos elevados sobre vendas de energia e serviços de gestão de resíduos que se aproximam de 20% da receita bruta total;
- Para instalações de pequeno e médio porte com renda bruta anual inferior a 28 milhões de dólares, os impostos totais caem para menos de 10% (esta é uma grande vantagem que deve ser explorada);





# INFRAESTRUTURA

- 6. INFRAESTRUTURA

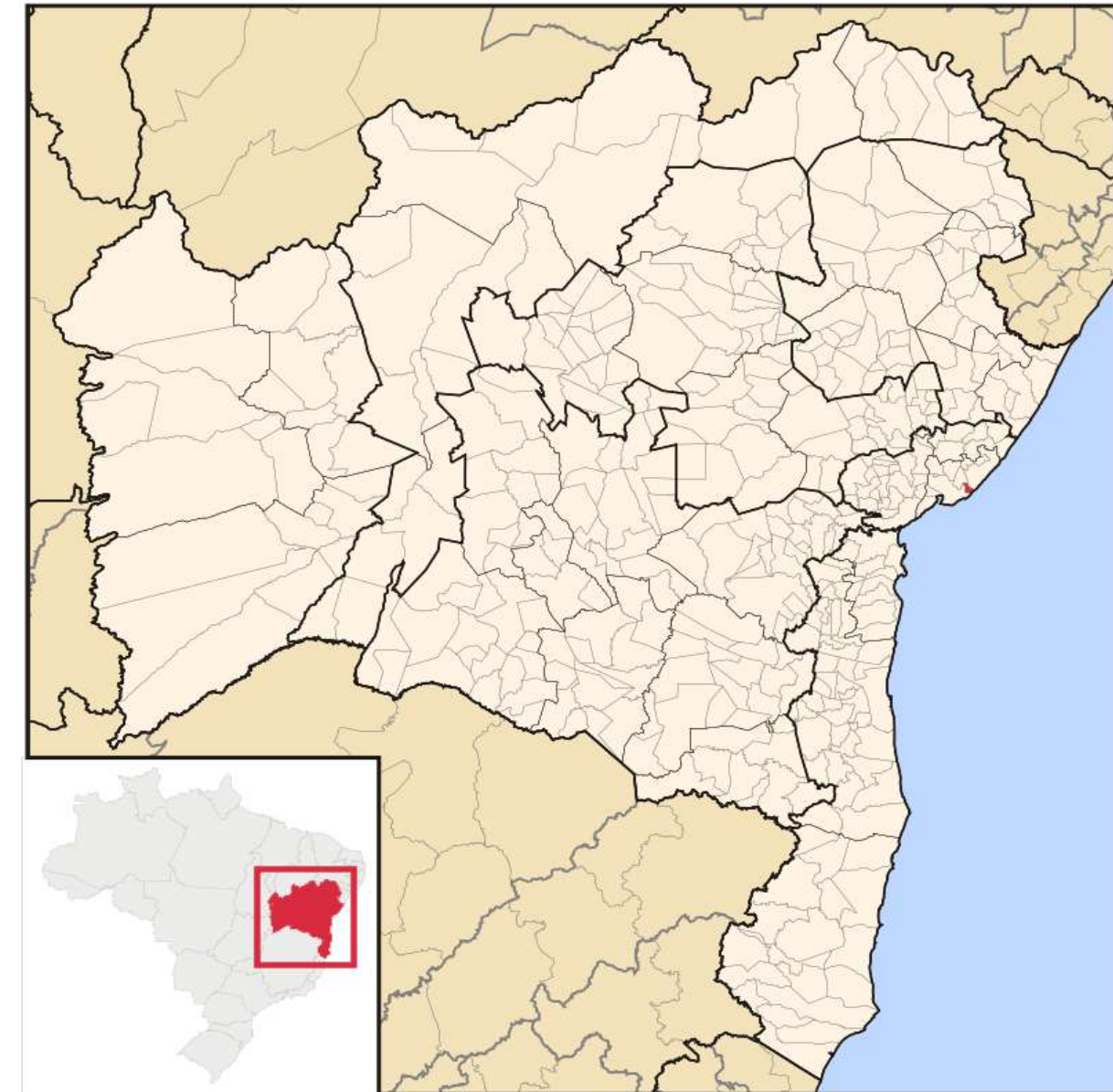
- 6.1 INFRAESTRUTURA ATUAL DE LAURO DE FREITAS

O objetivo do presente documento é descrever os principais dados estatísticos do município de Lauro de Freitas/BA e o atual modelo utilizado para a destinação final dos resíduos sólidos urbanos.

#### 6.1.1 INFORMAÇÕES GERAIS

- a) População total (IBGE 2022): 233.331 habitantes
- b) População censo (2010): 163.449 habitantes
- c) Densidade demográfica (2010): 2.833,38 hab/km<sup>2</sup>
- d) Densidade demográfica (2022): 3.509,22 hab/km<sup>2</sup>
- e) Quantidade de RSU gerado: 223 ton/dia (estimado)
- f) Destino atual dos resíduos: Aterro Metropolitano Centro (AMC)

Figura 56. Localização de Lauro de Freitas



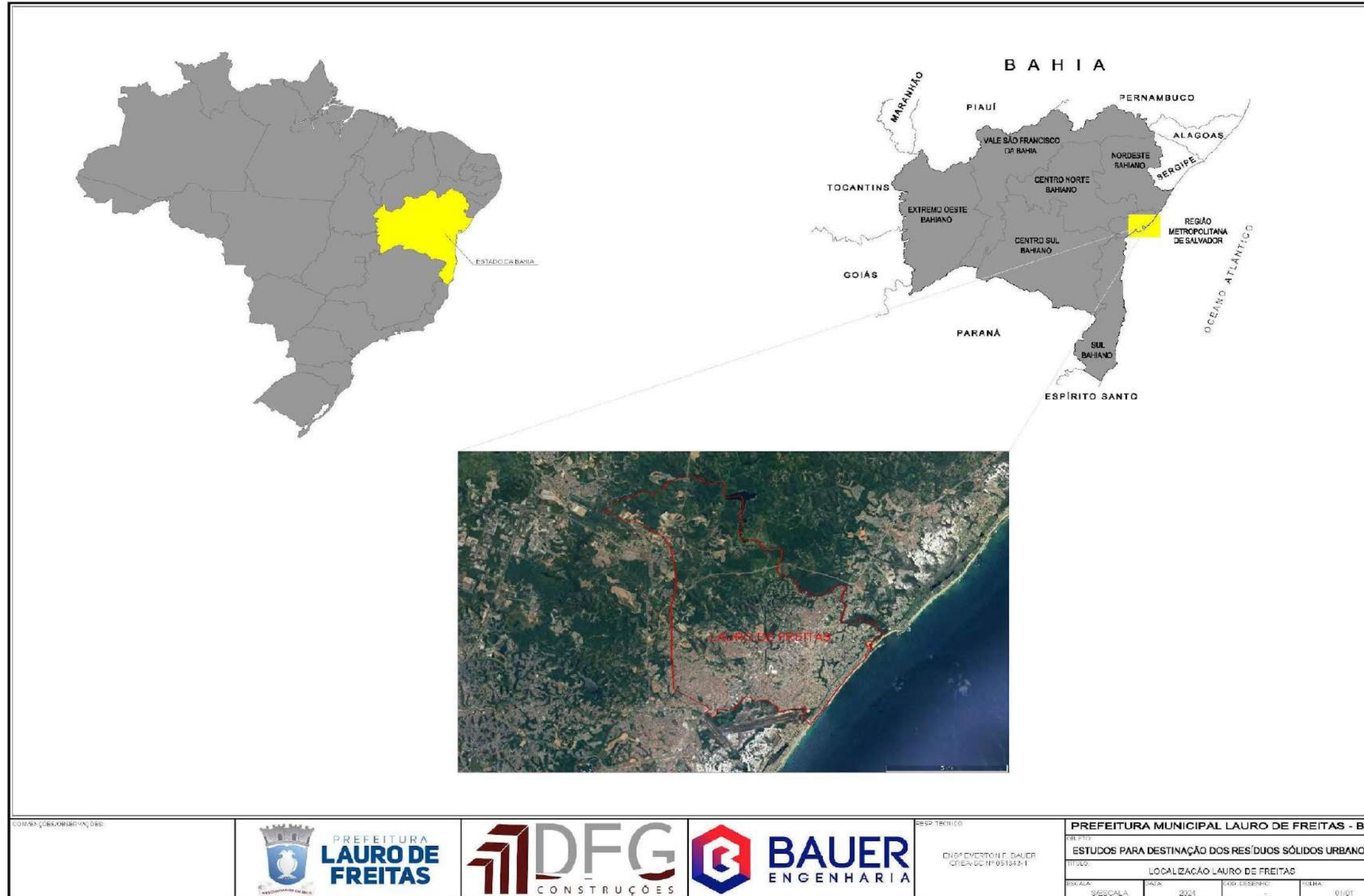


Figura 57.



Figura 58. Imagem orla



Figura 59. Imagem orla / rio



Figura 60. Imagem orla/rio



Figura 61. Imagem calçadão orla

○ 6.2 INFRAESTRUTURA EXISTENTE PARA DISPOSIÇÃO DO RSU

6.2.1 COLETA DE RESÍDUOS URBANOS E SERVIÇOS DE LIMPEZA

A coleta dos resíduos sólidos urbanos é terceirizada, por meio de contrato com a JOTAGÊ ENGENHARIA. A frequência é diária.

A coleta ocorre no centro da cidade, na BA-099 e em Vila Nova é realizada em período noturno, enquanto que nas outras áreas a coleta é realizada em período diurno. O entulho e a poda são coletados separadamente e encaminhados para Quingoma, antigo lixão do município, adaptado para receber entulhos, podas e resíduos da construção civil.

A mão de obra utilizada na varrição também é terceirizada, sendo que os funcionários são contratados como mão de obra temporária através de cooperativa.

Está em elaboração um plano de coleta seletiva. Esse tipo de coleta vem ocorrendo informalmente, realizado por cooperativa de catadores, como a Cooperativa de Lauro de Freitas (CAELF).

Existe, também, uma oficina para trabalhos manuais com material reciclável, que tem como parceiros as escolas.

6.2.2 DISPOSIÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Os resíduos sólidos domiciliares do Município de Lauro de Freitas são encaminhados para o Aterro Metropolitano Centro em Salvador, desde a desativação do lixão de Quingoma, que foi transformado em central receptora de resíduos da construção civil, podas e resíduos volumosos.

A produção média diária de RSU encaminhada para o AMC é de 200 t/d a 220 t/d, segundo a Limpurb, órgão que fiscaliza o contrato da BATTRE, empresa que administra o aterro.

Já na área da central do Quingoma, com área total de 8,3ha, qual duas máquinas fazem o trabalho de espalhamento e compactação, sem qualquer beneficiamento ou tratamento dos resíduos. No entorno da central, existem casas improvisadas, onde moram cerca de 70 famílias, que complementam seu sustento com a triagem e venda de materiais recicláveis.

Observou-se em visita realizada ao local, que não há um trabalho de compactação da massa aterrada (Imagem 01).

Figura 63. Entrada do Quingoma



A altura em que se encontra o aterro requer uso de técnicas de engenharia de forma a não ocorrer desabamentos em época de chuvas, uma vez que a base dessa área é de matéria orgânica por ter sido usado como lixão durante muito tempo. Por isso não é possível qualquer tipo de movimentação de terra, pois o solo não suporta. (Imagem 03)

Figura 62. Ausência de compactação do Lixão do Quingoma



Na entrada, os veículos são pesados, ainda que não seja cobrado, mas é uma forma de controlar a quantidade de massa que entra no local e evitar que outros materiais sejam depositados aí, pois é proibido o descarte de resíduo doméstico (Imagem 02).

Figura 64. Encostas irregulares do Quingoma



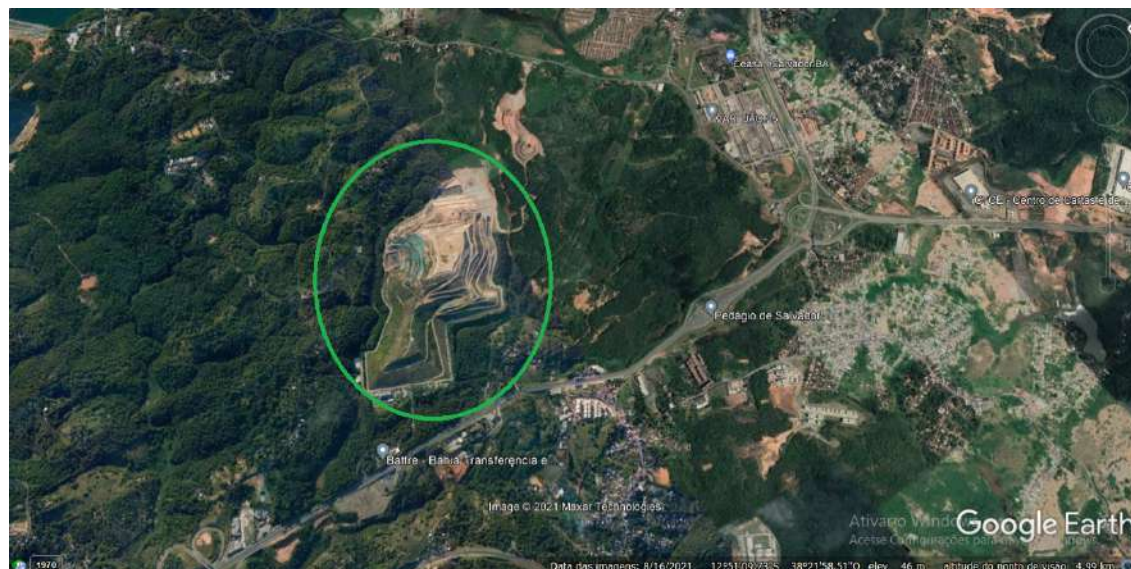
Figura 65. Rua de Acesso ao Quingoma com casas improvisadas



### 6.2.3 ATERRO METROPOLITANO CENTRO

Localizado às margens da BA-056 (rodovia CIA – Aeroporto) no Km 6,5, com uma área aproximada de 250ha e capacidade de cerca de 18.000.000m<sup>3</sup>, que liga o Centro Industrial de Aratu ao Aeroporto, distante cerca de até 30km do centro de massa.

Figura 66. Localização do AMC



Uma área que vem tendo um desenvolvimento econômico a partir da implantação de empresas e centros comerciais e com isso dificultando uma possível ampliação por se tratar em um centro de massa. Além disso, devido à proximidade do Aeroporto Internacional de Salvador (6,5 Km), o AMC está em irregularidade a resolução CONAMA 004/95 que define Área de Segurança Aeroportuária – ASA em seu artigo 1º e veda nessas áreas a implantação de atividades de natureza perigosa, entendidas como “foco de atração de pássaros”, assim como quaisquer outras atividades que possam proporcionar riscos semelhantes à navegação aérea em seu artigo 2º:

“Art. 1º São consideradas “Área de Segurança Aeroportuária - ASA” as áreas abrangidas por um determinado raio a partir do “centro geométrico do aeródromo”, de acordo com seu tipo de operação, divididas em 2 (duas) categorias:

I - raio de 20 km para aeroportos que operam de acordo com as regras de voo por instrumento (IFR); e

II - raio de 13 km para os demais aeródromos. *Parágrafo único.* No caso de mudança de categoria do aeródromo, o raio da ASA deverá se adequar à nova categoria.”

“Art. 2º Dentro da ASA não será permitida implantação de atividades de natureza perigosa, entendidas como “foco de atração de pássaros”, como por exemplo, matadouros, cortumes, vazadouros de lixo, culturas agrícolas que atraem pássaros, assim como quaisquer outras atividades que possam proporcionar riscos semelhantes à navegação aérea.” Complementando a legislação supra citada o parágrafo 1º do artigo 46 da Portaria nº 1.141/GM5, de 8 de dezembro de 1987, estabelece o conceito de “Implantação de Natureza Perigosa” e determina a sua proibição nas Áreas de Aproximação e Áreas de Transição dos Aeródromos e Helipontos: “Art. 46 – Nas áreas de Aproximação e Áreas de Transição dos aeródromos e helipontos, não são permitidas implantações de natureza perigosa, embora não ultrapassem os gabaritos fixados. § 1º - Denomina-se Implantação de Natureza Perigosa toda aquela que produza ou armazene material explosivo ou inflamável, ou cause perigosos reflexos, irradiações, fumo ou emanações, a exemplo de usinas siderúrgicas e similares, refinarias de combustíveis, indústrias químicas, depósitos ou fábricas de gases, combustíveis ou explosivos, áreas cobertas de material refletivo, matadouros, vazadouros de lixo, culturas



*agrícolas que atraíam pássaros, assim como outras que possam proporcionar riscos semelhantes à navegação aérea.”*

O Aterro é composto por uma guarita, para controle de acesso (Imagem 66) e uma balança de controle para acesso e outra para saída, onde todo o controle de peso é vinculado para sede da Limpurb para realizar o controle (Imagens 06 e 07).

Figura 67. Guarita de Acesso ao AMC



Figura 68. Balança de controle de acesso



Figura 69. Sistema de controle de peso

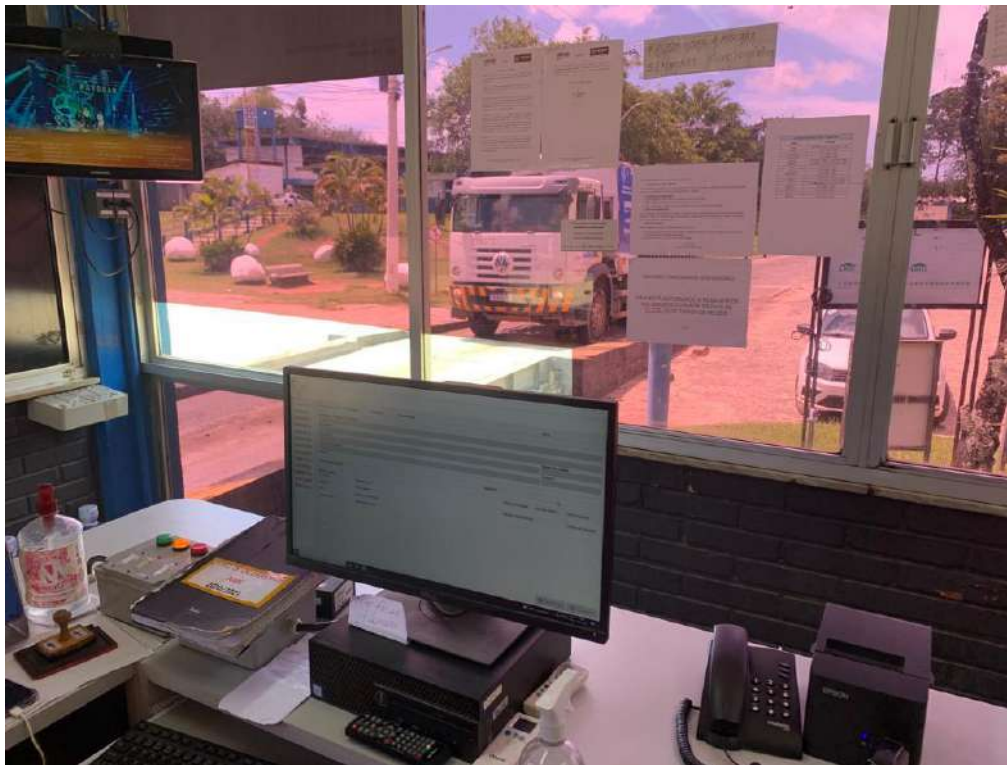


Figura 70. Segunda etapa da célula 7



Atualmente no AMC está em operação a segunda etapa da sétima célula de um total de 5 (cinco) etapas. Essa segunda etapa começou a operar no mês de outubro de 2021, sendo ela a maior etapa da célula (Imagem 09). Esta célula tem uma vida útil que se encerrará no ano de 2026, porém com a quantidade de resíduos que vem sendo depositado diariamente a expectativa é que a vida útil possa ser reduzida. A terceira etapa da célula 7 já está sendo preparada e a cada nova etapa a célula vai se estreitando e tendo menos capacidade.

Figura 71. Segunda etapa da célula 7



Figura 72. Segunda etapa da célula 7



Todo chorume captado é canalizado e transportado para as lagoas de lixiviado e posteriormente é coletado e transportado por veículo do tipo carro-pipa, para ser tratado na ETE da Empresa de Proteção Ambiental (CETREL).

Figura 73. Lagoa de lixiviado



A capacidade da lagoa de lixiviação está bem elevada e existe também um depósito para o chorume anteriormente captado, no qual foi tentado por parte da BATTRE de fazer o tratamento desde chorume, mas não obtiveram resultados satisfatórios.

Figura 74. Local de armazenamento do lixiviado



Dentro do AMC existe também uma Usina de biogás com capacidade de produzir 150MWh ao ano (Figuras 71 e 72).

Figura 75. Usina de Biogás



Figura 76. Carregamento para transporte de Biogás



### 6.2.3.1 IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS DO AMC

Os aterros sanitários surgiram como solução à disposição dos resíduos sólidos urbanos, todavia, com a expansão urbana, tornaram-se problema de saúde pública e ambiental, a exemplo do que ocorreu com o antigo aterro de Canabrava, localizado em Salvador.

À época da inauguração, Canabrava mostrava-se distante de toda e qualquer área de ocupação e/ou atividade humana, mas ao longo dos anos foi, pouco a pouco, sendo envolvido pela população, suas casas e atividades comerciais. Nesse contexto, a área do antigo lixão de Canabrava ainda guarda os impactos decorrentes de anos seguidos de convivência com a disposição final do lixo.

Em que pese não caber estabelecer comparações entre o lixão de Canabrava e o Aterro Metropolitano Centro, percebe-se que algo semelhante vem acontecendo na área do AMC, com o crescimento de um centro de massa na região.

No entorno do AMC existem algumas comunidades, dentre elas a de Capelão, localizada no município de Lauro de Freitas, que desde a sua implantação sofre influência direta dos odores vindos do aterro.

A área selecionada para a implantação do Aterro Metropolitano Centro situa-se na micro-bacia do rio Itinga, integrante da sub-bacia do rio Ipitanga, que por sua vez integra a bacia hidrográfica do rio Joanes. Esta bacia localiza-se na parte central da Região Metropolitana de Salvador (RMS), englobando áreas dos municípios de Salvador, Lauro de Freitas, Simões Filho e São Francisco do Conde.

Possíveis vazamentos de chorume, objeto de diversas denúncias realizadas junto ao Ministério Público, e escorregamento de material particulado pelos talvegues das células (Imagens 76 e 77) podem comprometer as coleções hídricas superficiais e subterrâneas da região, algo muito previsível pois o AMC se encontra em uma área de clima tropical úmido, com elevados índices de precipitações pluviométricas e em um local com declividade relativa.

Figura 77. APA Joanes-Ipitanga



Levando em consideração que a expectativa na concepção do projeto inicial do aterro era de recebimento de 1300 ton/dia, este quantitativo já foi ultrapassado há muito tempo,

podendo-se afirmar que está havendo alteração das propriedades ambientais locais conforme a Resolução nº 001 do Conama.

A Resolução nº 001, de 23 de Janeiro de 1986, trata de estabelecer as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente, entendendo ser impacto ambiental:

(...) qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam a saúde, a segurança e o bem-estar da população, as atividades sociais e econômicas, a biota, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais. (CONAMA, 1986)

Com a vida útil da célula 7 chegando perto do fim, será necessário um licenciamento ambiental de uma futura célula, por ser uma área que se constitui em um dos poucos resquícios de Mata Atlântica do litoral baiano e se encontra dentro de uma Área de Proteção Ambiental Permanente – (APA) Joanes-Ipitanga.

Também pela presença de bacias hidrográficas se aproximando cada vez mais dessas células (figura 18, 19, 20), será necessário o aterramento de córregos causando alterações nas propriedades físicas e biológicas na bacia hidrográfica local, infringindo a resolução nº 010 do Conama, impossibilitando o licenciamento de novas células e tornando a vida útil do aterro limitado.

Figura 78. Bacia hidrográfica



**RESOLUÇÃO CONAMA Nº 010, de 14 de dezembro de 1988**

O CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA, no uso das atribuições que lhe confere o Artigo 8º da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, e o Artigo 7º do Decreto nº 88.351, de 1º de junho de 1983, RESOLVE:

Art 1º - As Áreas de Proteção Ambiental - APA'S são unidades de conservação, destinadas a proteger e conservar a qualidade ambiental e os sistemas naturais ali existentes, visando a melhoria da qualidade de vida da população local e também objetivando a proteção dos ecossistemas regionais.

Art. 2º - Visando atender aos seus objetivos, as APA'S terão sempre um zoneamento ecológico-econômico. *Parágrafo Único* - O zoneamento acima referido estabelecerá normas de uso, de acordo com as condições locais bióticas, geológicas, urbanísticas, agro-pastoris, extrativistas, culturais e outras.

Art. 3º - Qualquer que seja a situação dominial de sua área, a mesma poderá fazer parte de uma APA.

§ 1º - Se houver na área decretada outra unidade de conservação, de manejo, ou outras situações especiais de proteção ambiental, administradas efetivamente pelo Poder Público, as mesmas serão consideradas como zonas de usos especiais

§ 2º - Em relação às atividades antrópicas realizadas nas zonas especiais, a administração da APA terá sempre ação supletiva, para assegurar que os objetivos previstos na Lei 6.902/81, sejam mantidos.

Art. 4º - Todas as APA'S deverão ter zona de vida silvestre nas quais será proibido ou regulado o uso dos sistemas naturais. 164

§ 1º - As Reservas Ecológicas públicas ou privadas, assim consideradas de acordo com o Decreto Federal nº 89.336, de 31 de janeiro de 1984, e outras áreas com proteção legal equivalente, existentes em Território das APA'S, constituirão as Zonas de Preservação de Vida Silvestre. Nela serão proibidas as atividades que importem na alteração antrópica da biota.

§ 2º - Serão consideradas como Zona de Conservação da Vida Silvestre as áreas nas quais poderá ser admitido um uso demorado e auto-sustentado da biota, regulado de modo a assegurar a manutenção dos ecossistemas naturais.

Art. 5º - Nas APA'S onde existam ou possam existir atividades agrícolas ou pecuárias, haverá Zona de Uso Agro-pecuário, nas quais serão proibidos ou regulados os usos ou práticas capazes de causar sensível degradação do meio ambiente.

§ 1º - Para os efeitos desta Resolução, não é admitida nessas Zonas a utilização de agrotóxicos e outros biocidas que ofereçam riscos sérios na sua utilização, inclusive no que

se refere ao seu poder residual. O IBAMA relacionará as classes de agrotóxicos de uso permitido nas APA'S.

§ 2º - O cultivo da terra será feito de acordo com as práticas de conservação do solo recomendadas pelos órgãos oficiais de extensão agrícola. § 3º - Não será admitido o pastoreio excessivo, considerando-se como tal aquele capaz de acelerar sensivelmente os processos de erosão.

Art. 6º - Não são permitidas nas APA'S as atividades de terraplanagem, mineração, dragagem e escavação que venham a causar danos ou degradação do meio ambiente e/ou perigo para pessoas ou para a biota. *Parágrafo Único* - As atividades acima referidas, num raio mínimo de 1.000 (mil) metros no entorno de cavernas, corredeiras, cachoeiras, monumentos naturais, testemunhos geológicos e outras situações semelhantes, dependerão de prévia aprovação de estudos de impacto ambiental e de licenciamento especial, pela entidade administradora da APA.

Art. 7º - Qualquer atividade industrial potencialmente capaz de causar poluição, além da licença ambiental prevista na Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981, deverá também ter uma licença especial emitida pela entidade administradora da APA.

Art. 8º - Nenhum projeto de urbanização poderá ser implantado numa APA, sem a prévia autorização de sua entidade administradora. que exigirá: a) Adequação com o zoneamento ecológico-econômico da área; b) Implantação de sistema de coleta e tratamento de esgotos; c) Sistema de vias públicas sempre que possível e curvas de nível e rampas suaves com galerias de águas pluviais; d) lotes de tamanho mínimo suficiente para o plantio de árvores em pelo menos 20% da área do terreno; e) Programação de plantio de áreas verdes com uso de espécies nativas; f) Traçado de ruas e lotes comercializáveis com respeito à topografia com inclinação inferior a 10%. 165

Art. 9º - Nos loteamentos rurais, os mesmos deverão ser previamente aprovados pelo INCRA e pela entidade administradora das APA'S. *Parágrafo Único* - A entidade administradora da APA poderá exigir que a área que seria destinada, em cada lote, à Reserva legal para a



*defesa da floresta nativa e áreas naturais, fique concentrada num só lugar, sob a forma de condomínio formado pelos proprietários dos lotes.*

*Art. 10º - A vigilância da APA poderá ser efetuada mediante termo de acordo, entre a entidade administradora do Poder Público e organizações não governamentais aptas a colaborar e de reconhecida idoneidade técnica e financeira. Art. 11º - Esta Resolução entra em vigor na data da sua publicação*

### ○ 6.3 HISTÓRIA DE LAURO DE FREITAS<sup>36</sup>

Lauro de Freitas é a cidade que mais cresce na grande região de Salvador, na Bahia, e também completa o top cinco das que mais contrataram entre 100 mil e 500 mil habitantes é Lauro de Freitas. Foram 47.759 novos empregos gerados em 2023 no município de 203.334 habitantes, e o destaque ficou por conta dos setores de limpeza, mão de obra temporária e serviços de teleatendimento.

O Município de Lauro de Freitas, antiga freguesia de Santo Amaro do Ipitanga, tem suas origens nos primeiros tempos do Brasil colonial, no longínquo ano de 1552, quando Garcia D'Ávila, criado e almoxarife de Tomé de Souza, pediu e obteve dele que era o Governador Geraldo Brasil, no dia 21 de maio, duas léguas de terras ao longo do mar, nos campos de Itapuã e Vale do Rio Joanes.

Foi o 1º marco lusitano na região, pois até então só os índios tupinambás aqui habitavam.

Garcia D'Ávila recebeu algumas das primeiras cabeças de gado trazidas para o Brasil e aqui pelos campos de Tatuapara onde ergueu a sua fortaleza e pelos arredores (Aldeia do Espírito Santo, Ipitanga e Itapuã), fez o ponto de partida no Nordeste, para o ciclo do gado, de tão grande importância para o nosso país.

Os jesuítas também marcaram presença importante. Já em 1578 temos o registro de suas passagens por nossa terra, quando de uma visita à aldeia do Espírito Santo (atual Vila de Abrantes), ocasião em que é atribuído um milagre ao padre Anchieta, ao salvar um índio de afogar-se nas águas caudalosas do Rio Joanes em 1608 fundam a freguesia de Santo Amaro do Ipitanga.

Santo Amaro ou Mauro foi monge Beneditino Italiano, que morreu no ano de 578. Padroeiro dos fabricantes de velas e carregadores é também o padroeiro do nosso município onde é festejado devotamente em janeiro, sendo o dia 15 a ele dedicado, no calendário litúrgico.

Arquiteticamente barroco-maneirista, a Igreja Matriz ocupou por longo período a sede da freguesia e originou ao seu redor o povoado, hoje sede do município. A Igreja Matriz adquiriu suas feições atuais, provavelmente no final do século XVII.

No ciclo da cana-de-açúcar, a região teve o seu esplendor, destacando-se os engenhos: Japara, Cají, Quingoma e São Bento.

<sup>36</sup> Prefeitura Municipal

Esse esplendor, entretanto, foi lamentavelmente conseguido às custas do trabalho escravo dos negros vindos da África nas condições mais desumanas possíveis, substituindo os índios que iam sendo também, impiedosamente exterminados pelos portugueses. Grande resistência houve por parte dos índios e escravizados africanos, culminando com o “Combate do Rio Joanes” protagonizado por negros muçulmanos, travado nas margens do rio, em Portão no dia 28 de fevereiro de 1814 e que resultou em muitas mortes.

Em meados do século XIX, com os reflexos do fim da cana-de-açúcar, da gradativa extinção da escravatura e de um surto de cólera que dizimou quase toda a população, dentre outros fatores, a região entrou em declínio, situação esta que não se altera muito, mesmo com a instalação do campo de aviação pelos franceses após a 1ª Guerra Mundial, em 1927. A construção da Base Aérea de Ipitanga e do aeroporto durante a 2ª grande guerra é que atraíram rapazes de diversas procedências que acabam se fixando ao se envolverem com as nativas, constituindo famílias.

Em 1962, depois de resoluções, decreto e lei, por indicação do então Vereador da capital Dr. Paulo Moreira de Souza, atendendo aos anseios de velhos moradores, devido ao aumento das demandas da comunidade, o distrito de Ipitanga é então emancipado, com o nome de Lauro de Freitas, nome dado em homenagem ao engenheiro ferroviário, Dr. Lauro Farani Pedreira de Freitas, falecido tragicamente em acidente aéreo no dia 11 de setembro de 1950, quando de sua candidatura praticamente vitoriosa a Governador da Bahia.

É nesse mesmo ano, que na paradisíaca praia de Buraquinho, Glauber Rocha dá a largada para a sua carreira internacional, ao concluir as filmagens de Barravento que conquistaria o prêmio Opera Prima no Festival Internacional de Cinema de KarlovyVary, na

Tchecoslováquia, hoje República Tcheca. A praia de Buraquinho serviu de cenário para quase todo o desenrolar do filme. Nasce assim o nosso município sob o signo da cultura.

A partir da década de sessenta do século passado, ironicamente, os hippies que fugindo da civilização em direção ao paraíso de Arembepe, acabam atraindo uma multidão de curiosos, aventureiros, empreendedores e especuladores para esta região. Com estes, um ciclo de desenvolvimento se acelera nessa mesma década, com a construção da Estrada do Coco e se consolida nos anos noventa com a Linha Verde, multiplicando-se o número de *villages*, condomínios, loteamentos, restaurantes, bares, barracas de praia bem estruturadas, shoppings, bancos, pousadas e outros estabelecimentos voltados muitos deles para o turismo que se constitui numa grande vocação e potencialidade econômica da região.

À Lauro de Freitas, que é uma espécie de Portão de Entrada e Capital Regional do Litoral Norte (Costa dos Coqueiros), está reservado o importante papel de servir de modelo de desenvolvimento sustentável, para as demais localidades dessa extensa orla marítima que se estende até os limites do Estado de Sergipe.

Atividades turísticas não faltam, pois, o município apesar da sua reduzidíssima extensão com cerca de 58Km<sup>2</sup>, possui belas praias, rios com possibilidades de serem ainda recuperados, quedas d’água, manguezais, resquícios da Mata Atlântica, dentre outras belezas naturais.

Uma rica história construída a partir da grande influência da cultura indígena, que ficou gravada na nomenclatura de vários de seus lugares, da cultura africana, que se expressa em seus muitos terreiros de candomblé, grupos de capoeira, na voz e ritmo de seus sambistas, no artesanato que sai de seus teares, e da cultura europeia, manifestada nas rezas de Santo Antônio, nas procissões, nos ternos de reis, no carnaval e outras

manifestações populares, além da rica arquitetura e azulejaria do seu templo de mais de quatro séculos, localizado na sua praça principal.

Como resultado desta fusão de culturas, Lauro de Freitas tem ainda uma rica e variada produção artesanal, culinária, artística e literária, que sinalizam para um polo de economia criativa, que já começa e se consolidar.

Some-se a tudo isso, a privilegiada proximidade do Aeroporto Internacional de Salvador e da capital como um todo.

Outros dados relevantes do município:

**Localização:** O município de Lauro de Freitas localiza-se na Região Metropolitana de Salvador, no Litoral Norte do estado da Bahia, ao norte da capital baiana. Faz divisa ao sul com Salvador pela praia de Ipitanga; também a oeste com Salvador; ao norte, com Camaçari, divisa pelo Rio Joanes e Simões Filho, pelo Centro Industrial de Aratu; e a leste com o Oceano Atlântico. Lauro de Freitas possui um litoral de seis quilômetros banhados pelo Oceano Atlântico, divididos em três praias: Buraquinho, Praia de Ipitanga e Vilas do Atlântico.

**Clima e Pluviometria:** Possui um clima tropical quente úmido de temperaturas médias anuais equivalentes a 24 graus centígrados. Os períodos chuvosos são no mês de abril e de junho. A precipitação média anual de 1.800 milímetros

**Hidrologia:** Os rios principais do município são o Rio Joanes, que desagua no Oceano Atlântico e separa Lauro de Freitas e Camaçari, e o Rio Ipitanga, que corta a cidade

desaguando no Joanes. Há também vários córregos e outros dois rios, Sapato e Goro, entretanto ambos estão em acelerado processo de deterioração.

**Relevo:** Seu relevo é composto por tabuleiros, planaltos costeiros, baixos tabuleiros e colinas do Recôncavo.

**Solos:** Os solos são do tipo latossolo vermelho amarelo distrófico, podzólico vermelho amarelo, com predominância de areias quartzozas marinhas distróficas.

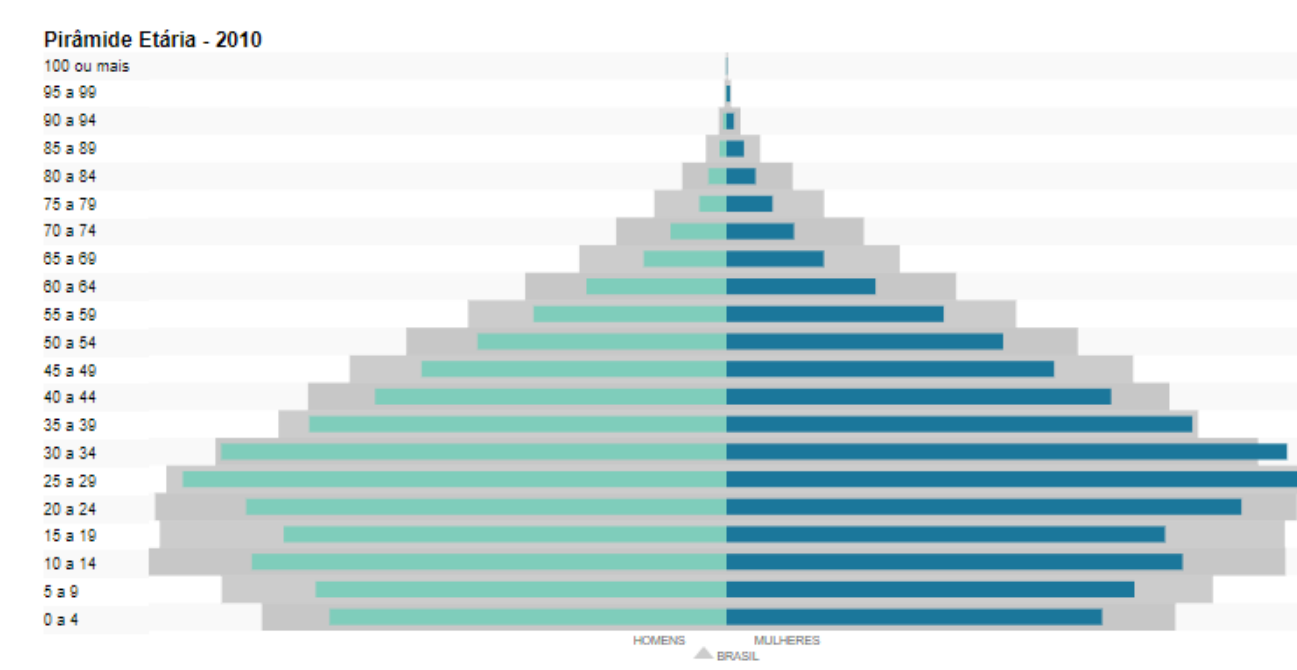
**Vegetação:** A vegetação compreende a cobertura vegetal da orla marítima com coqueirais em solo arenoso e dunas recobertas por plantas rasteiras, arbustos e semiarbustos.

**Unidade de conservação:** A unidade de conservação do município que se destaca como apta à prática do ecoturismo é a Área de Proteção Ambiental Joanes/Ipitanga, com cerca de 22 000 hectares de mata atlântica.

**Área:** O município tem área territorial de 57,942 km<sup>2</sup> e possui oito bairros: Ipitanga, Vila Praiana, Vilas do Atlântico, Aracuí, Pitangueiras, Buraquinho, Centro, Recreio Ipitanga, Itinga, Portão, Caixa d'Água, Caji, Vida Nova, Quingoma, Parque São Paulo, Capelão, Areia Branca, Jambeiro e Barro Duro.

### 6.3.1 PIRÂMIDE ETÁRIA LAURO DE FREITAS

Figura 79. Pirâmide por faixa etária de Lauro de Freitas

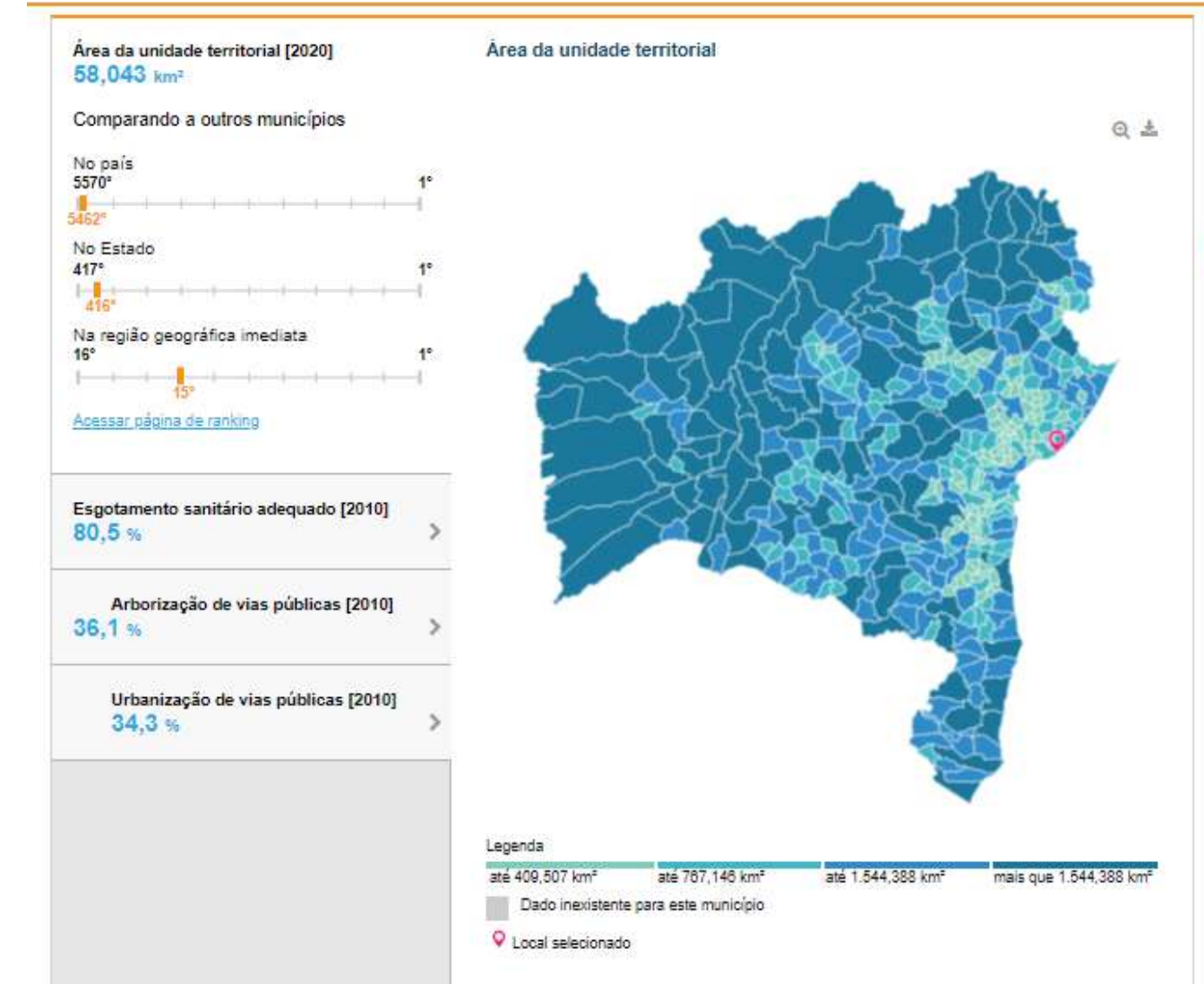


Fonte: IBGE 2022

### 6.3.2 TERRITÓRIO E AMBIENTE

Apresenta 80.5% de domicílios com esgotamento sanitário adequado, 36.1% de domicílios urbanos em vias públicas com arborização e 34.3% de domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada (presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio). Quando comparado com os outros municípios do estado, fica na posição 10 de 417, 369 de 417 e 30 de 417, respectivamente. Já quando comparado a outras cidades do Brasil, sua posição é 940 de 5570, 4677 de 5570 e 1002 de 5570, respectivamente.

Figura 80. Mapa Territorial de Lauro de Freitas



Fonte: IBGE 2022

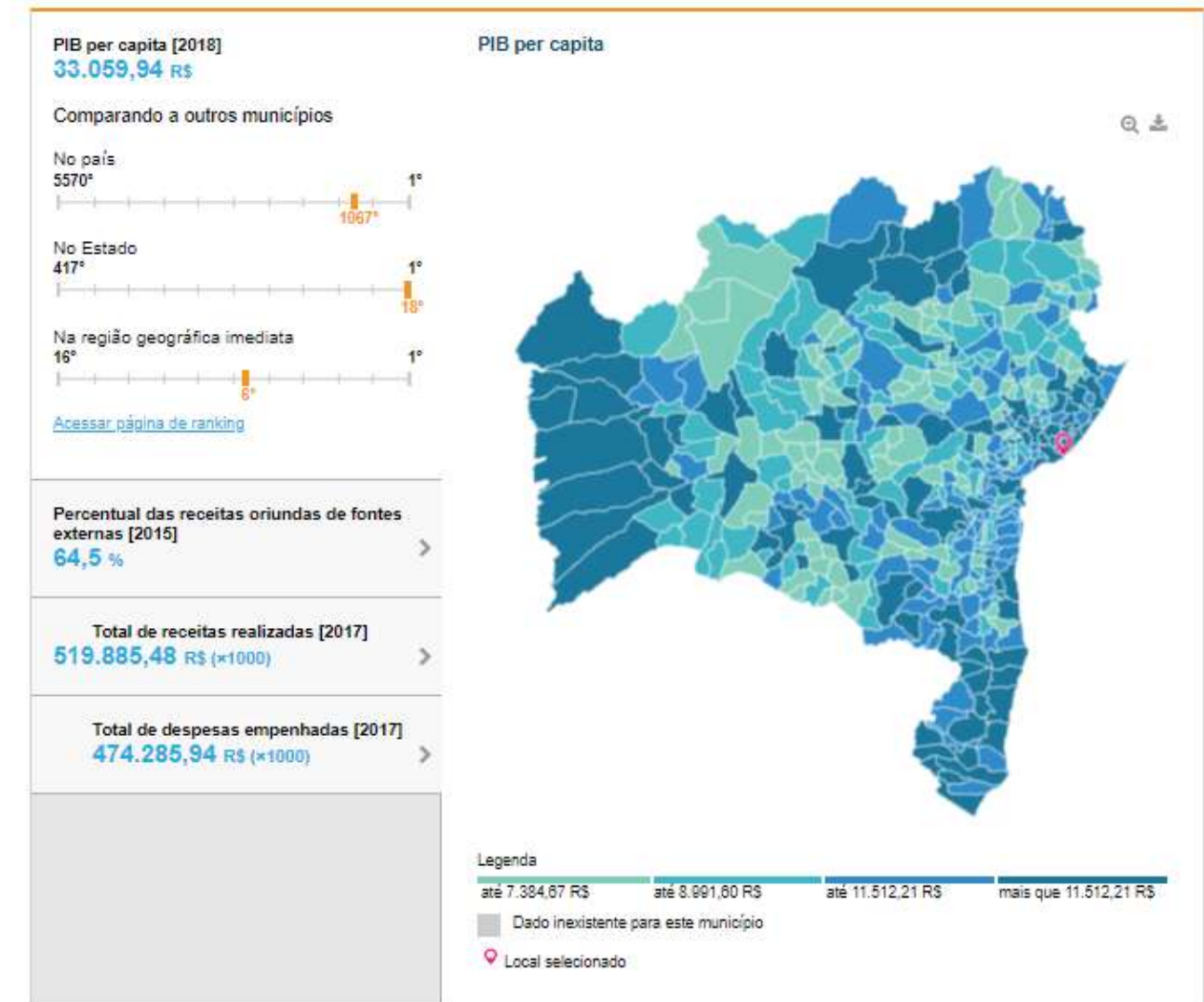
### 6.3.3 PERFIL ECONÔMICO

Lauro de Freitas tem um desenvolvimento econômico bastante estruturado no setor de serviços e comércio, o que representa 90% de sua base. Sendo a cidade a que mais gerou empregos formais na Bahia nos últimos meses de acordo o Cadastro Geral de Empregados e Desempregados (CAGED), a atração de negócios é um dos grandes fatores que faz gerar postos de trabalho e mantém a economia local aquecida.

O município apresentava no IBGE de 2010 um PIB per capita de R\$ 33.059,94. O salário médio mensal dos trabalhadores formais é 1,7 salários mínimos. O índice de desenvolvimento humano municipal é 0,754.

,No IBGE 2022 o PIB per capita passou a ser de R\$ 35.778,64.

Figura 81. PIB per capita de Lauro de Freitas

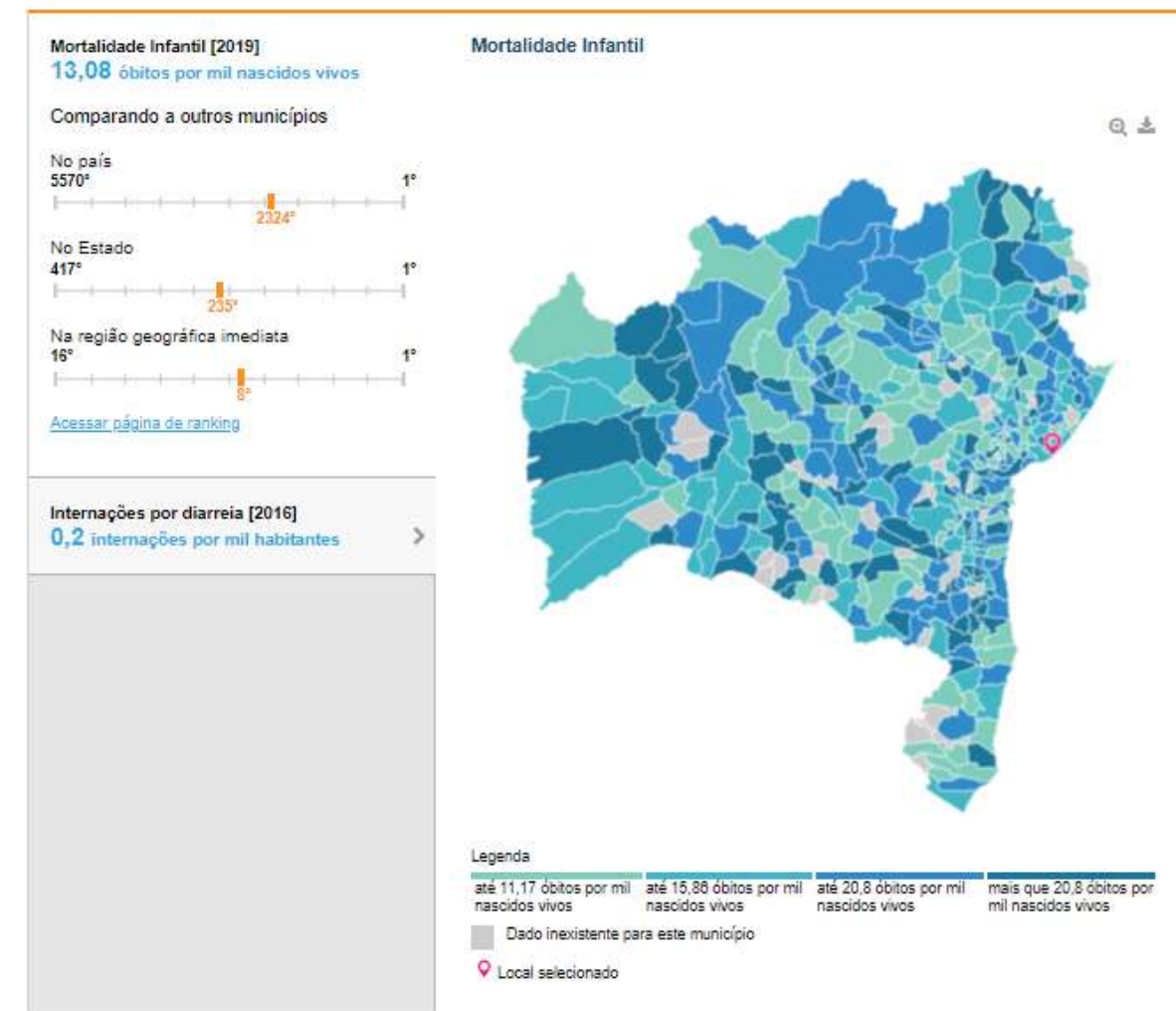


Fonte: IBGE 2022

### 6.3.4 SAÚDE

A taxa de mortalidade infantil média na cidade no ano de 2010 era de 13,08 para 1.000 nascidos vivos e reduziu para 11,62 em 2022. Ainda em 2010, as internações devido a diarreias eram de 0.2 para cada 1.000 habitantes. Comparado com todos os municípios do estado, ficava nas posições 235 de 417 e 353 de 417, respectivamente. Quando comparado a cidades do Brasil todo, essas posições eram de 2324 de 5570 e 4284 de 5570, respectivamente.

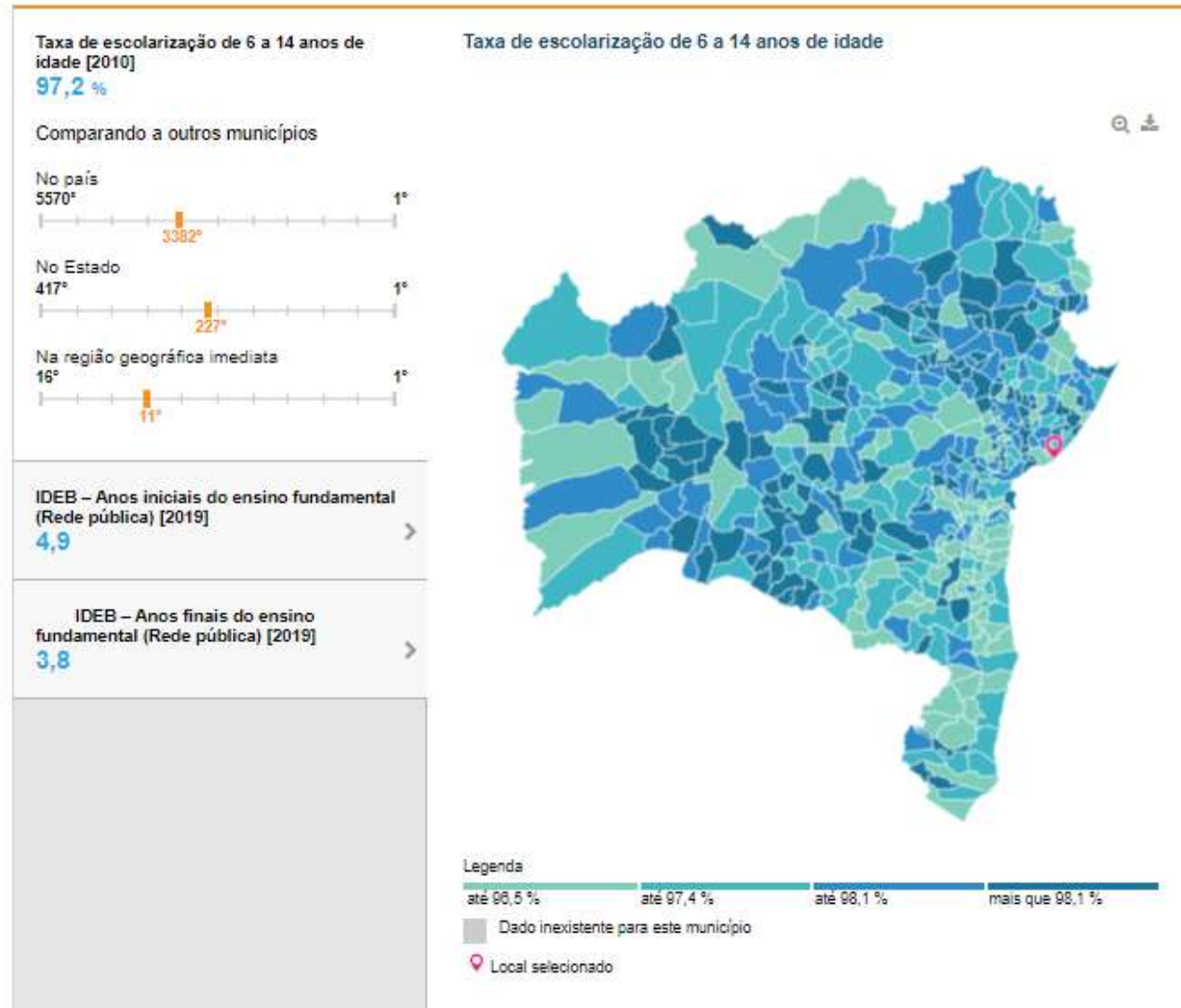
Figura 82. Situação da Saúde do Município



Fonte: IBGE 2022

### 6.3.5 EDUCAÇÃO

Figura 83. Situação da educação no Município



Taxa de escolarização de 6 a 14 anos de idade [2010]	97,2 %
IDEB – Anos iniciais do ensino fundamental (Rede pública) [2019]	4,9
IDEB – Anos finais do ensino fundamental (Rede pública) [2019]	3,8
Matrículas no ensino fundamental [2020]	29.086 matrículas
Matrículas no ensino médio [2020]	8.941 matrículas
Docentes no ensino fundamental [2020]	1.394 docentes
Docentes no ensino médio [2020]	475 docentes
Número de estabelecimentos de ensino fundamental [2020]	97 escolas
Número de estabelecimentos de ensino médio [2020]	23 escolas

Fonte: IBGE 2022

# TECNOLOGIA E GESTÃO



## 7. TECNOLOGIA E GESTÃO

### ○ 7.1 SOLUÇÃO ADOTADA

Evidente a ineficiência dos aterros sanitários como solução para destinação de resíduos, especialmente para municípios como Lauro de Freitas com séria escassez de áreas com características próprias e viabilidade ambiental para construção desse tipo de empreendimento.

Optar por uma WTE é, sem dúvida, a opção que mais se adequa ao PNRS e PMGRS, sendo o futuro não só para Lauro de Freitas, mas para o Brasil. Para Benoit Englebert, Gerente de Desenvolvimento de Negócios da Keppel Seghers Belgium:

*“Na arena científica das soluções ambientais, a transformação de resíduos em energia (WTE) surge como uma solução convincente de transformação, um testemunho da determinação da humanidade em enfrentar o crescente acúmulo de resíduos que paira sobre nossa civilização. WTE transcende o mero gerenciamento de resíduos, reinventando o lixo como uma pedra angular da sustentabilidade”.*

Para escolha da melhor solução foi preciso analisar as tecnologias disponíveis, a legislação vigente e as características específicas do município de Lauro de Freitas.

Entendemos ser a gaseificação a melhor solução e, para embasar a solução adotada apresentamos um comparativo com as demais tecnologias:

### ○ 7.2 COMPARATIVOS ENTRE TECNOLOGIAS EXISTENTES

#### 7.2.1 INCINERAÇÃO X GASEIFICAÇÃO

O processo de gaseificação apresenta avanços significativos em relação à incineração e, para entender as vantagens da gaseificação quando comparada à incineração, é importante entender as diferenças significativas entre os dois processos:

Incineração literalmente transforma o combustível em cinzas, ou seja, utiliza o RSU como combustível, queimando-o com grandes volumes de ar para formar dióxido de carbono e calor, desperdiçando a energia que utiliza incineração. Esses gases quentes formados são usados para produzir vapor e, conseqüentemente, eletricidade.

A gaseificação converte o RSU em um gás de síntese utilizável, ou syngas. É a produção deste syngas que torna a gaseificação tão diferente da incineração.

No processo de gaseificação, o RSU não é um combustível, mas uma matéria-prima para um processo de conversão química de alta temperatura. No gaseificador, o RSU reage com pouco ou nenhum oxigênio, quebrando a matéria-prima em moléculas simples e convertendo-as em syngas.

Em vez de produzir apenas calor e eletricidade, como é feito em uma usina de desperdício de energia usando incineração, as syngas produzidas pela gaseificação podem ser transformadas em produtos comerciais de maior valor, como combustíveis para transporte, produtos químicos e fertilizantes, ou utilizadas para aquecer caldeiras e produzir energia.

Durante o processo de gaseificação é possível controlar a formação de dioxinas e furanos, e quando estes são formados são tratados internamente no próprio processo, sem a necessidade de acrescentar mecanismos de abatimento de poluição, ao contrário do que ocorre na incineração, havendo a necessidade de altos investimentos para controle de emissão de gases na atmosfera.

#### 7.2.2 PIRÓLISE X GASEIFICAÇÃO

A Pirólise, também chamada de carbonização, é um tipo de gaseificação que utiliza a técnica de elevação das temperaturas (até 900°C) a partir da retirada do oxigênio do ambiente, o que leva à decomposição térmica dos materiais, formando o gás combustível.

Em comparação com a tecnologia de gaseificação, a pirólise, apesar da mesma eficiência quanto a redução de massa e volume dos resíduos e quanto a obtenção do syngas, possuem um custo de equipamentos e de operação mais elevado.

#### 7.2.3 PLASMA X GASEIFICAÇÃO

Plasma, de acordo com o conhecimento da física e química, é o quarto estado da matéria, similar a um gás, em cujo interior as partículas passam a ser ionizadas.

A tecnologia usa um arco elétrico de plasma para converter resíduos em syngas. A alta temperatura do plasma permite a decomposição quase completa dos resíduos, incluindo materiais perigosos, com redução de emissão de poluentes.

A grande desvantagem da gaseificação por plasma é que requer uma quantidade significativa de energia para criar o arco de plasma, o que se torna um problema em termos de eficiência energética geral, especialmente se a energia não for recuperada de forma eficiente.

Outra desvantagem da gaseificação por plasma é a necessidade de manutenção especializada, já que os sistemas de plasma exigem conhecimento especializado e peças de reposição que normalmente são caras e difíceis de adquirir.

#### 7.2.4 DIGESTÃO ANAERÓBIA X GASEIFICAÇÃO

Digestão anaeróbia (DA) é um processo de conversão de matéria orgânica em condições de ausência de oxigênio livre, e ocorre em dois estágios: primeiro ocorre a conversão de orgânicos complexos em materiais como ácidos voláteis; e depois a conversão destes ácidos orgânicos, gás carbônico e hidrogênio em biogás, metano e gás carbônico.

Esta tecnologia é adequada para o tratamento da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos e tem sido cada vez mais considerada no Brasil, especialmente por permitir a geração de biogás, que pode ser usado para geração de energia, e a produção de compostos orgânicos que podem ser utilizados como fertilizantes, contribuindo para a economia circular.

A digestão anaeróbia reduz o volume dos resíduos sólidos em cerca de 40-60%, percentual bem inferior a gaseificação. A massa restante é estabilizada e pode ser utilizada como fertilizante ou melhorador de solo.

A digestão anaeróbia é mais eficaz com resíduos orgânicos biodegradáveis e pode ser menos eficiente ou ineficaz com outros tipos de resíduos. Possui um processo relativamente lento em comparação com a incineração ou gaseificação, o que significa que são necessários mais espaço e tempo para tratar a mesma quantidade de resíduos.

Entendemos então que o processo de gaseificação é a solução mais adequada pelos seguintes motivos:

- Totalmente compatível com a ordem de reaproveitamento dos resíduos prevista na PNRS Lei 12.305/2010 e PMGRS Lei 1.723/2017;
- Promove a redução do volume a ser encaminhado à disposição final de pelo menos 80%;
- Promove a recuperação energética dos resíduos, conforme prevê o art. 99º da Lei 12.305/2010 (PNRS);
- Não causa nenhum tipo de poluição ao solo e ao lençol freático;
- Não causa nenhum tipo de poluição atmosférica;

- Aproveita 100% do material reciclável que é encaminhado junto com os demais resíduos;
- Substituição de combustíveis fósseis
- Descarbonização expressiva em relação as emissões de carbono equivalente de um aterro sanitário, na casa de 70%, com possibilidade de geração de créditos de carbono;
- O processamento dos resíduos e sua armazenagem são feitos em ambientes fechados o que impede o mal cheiro ao redor, a proliferação de vetores de doenças, de animais, o que certamente traz benefício para o meio ambiente e saúde pública;
- Utilização de uma área reduzida para sua implantação e até mesmo dentro do perímetro urbano;

#### ○ 7.4 MODELAGEM OPERACIONAL

##### 7.4.1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo relatamos a especificação preliminar do projeto de recuperação energética de Resíduos Sólidos Urbanos em Lauro de Freitas/BA utilizando tecnologia de gaseificação em leito fluidizado circulante.

##### 7.4.2 VISÃO GERAL DO PROJETO

A Usina Termoquímica de Geração Elétrica conta com três macroetapas:

- ETAPA 1: nomeada “Planta de processamento de combustível derivado de resíduo (CDR)” a qual se configura em uma ou mais linhas automatizadas de processamento, capazes de absorver o resíduo de entrada (seja este urbano in natura, urbano recuperado de aterro e/ou industrial). Os equipamentos dispostos nesta linha deverão propiciar as seguintes qualidades ao resíduo:

a) Ajuste de umidade

A água carregada conjuntamente com o resíduo é imediatamente evaporada ao adentrar no reator termoquímico. Neste processo, energia térmica é consumida em função do aquecimento e do calor latente de um fluido que não detém potencial energético. Em contrapartida, parte do vapor gerado pode ser craqueado, intensificando a formação do gás hidrogênio no processo.

Consequentemente, há um limite de umidade no material de entrada para não prejudicar o equilíbrio térmico e eficiência do processo, portanto na hipótese em que a umidade dos resíduos supere 20% deve ser previsto uma etapa de secagem, a qual pode utilizar uma fração do próprio gás de síntese gerado para aportar a energia térmica necessária.

b) Ajuste de granulometria

A natureza heterogênea dos resíduos ocasiona um descompasso entre o tamanho das partículas que são introduzidas na recuperação energética. Para o processo de gaseificação em leito fluidizado, há maior tolerância quanto a granulometria de entrada em relação a outras rotas tecnológicas, porém partículas entre 20 e 50 mm com maior área específica

beneficiam as reações. Portanto, é necessário um ajuste granulométrico geral, buscando também maior homogeneidade ao Combustível Derivado de Resíduo.

c) Separação de materiais inertes

Materiais inertes tais como metais, sedimentos e vidros não contribuem para geração de gás de síntese ao ingressar no processo de gaseificação. Ademais, a massa inerte que entra no processo é aquecida até a temperatura de operação, dissipando energia térmica e à vista disto reduzindo a eficiência termodinâmica. Inobstante isto, devido as temperaturas moderadas desta rota, não há riscos de amolecimento ou volatilização de metais, portanto os materiais que por ventura sejam inseridos no reator serão expelidos durante a extração das cinzas.

- ETAPA 2: contendo o gaseificador em leito fluidizado circulante, possibilita o tratamento termoquímico do combustível gerado na planta de processamento, obtendo como produto do processo o gás de síntese **sem a queima do resíduo**, permitindo um processo limpo e controlado, sem a formação de passivos ambientais.

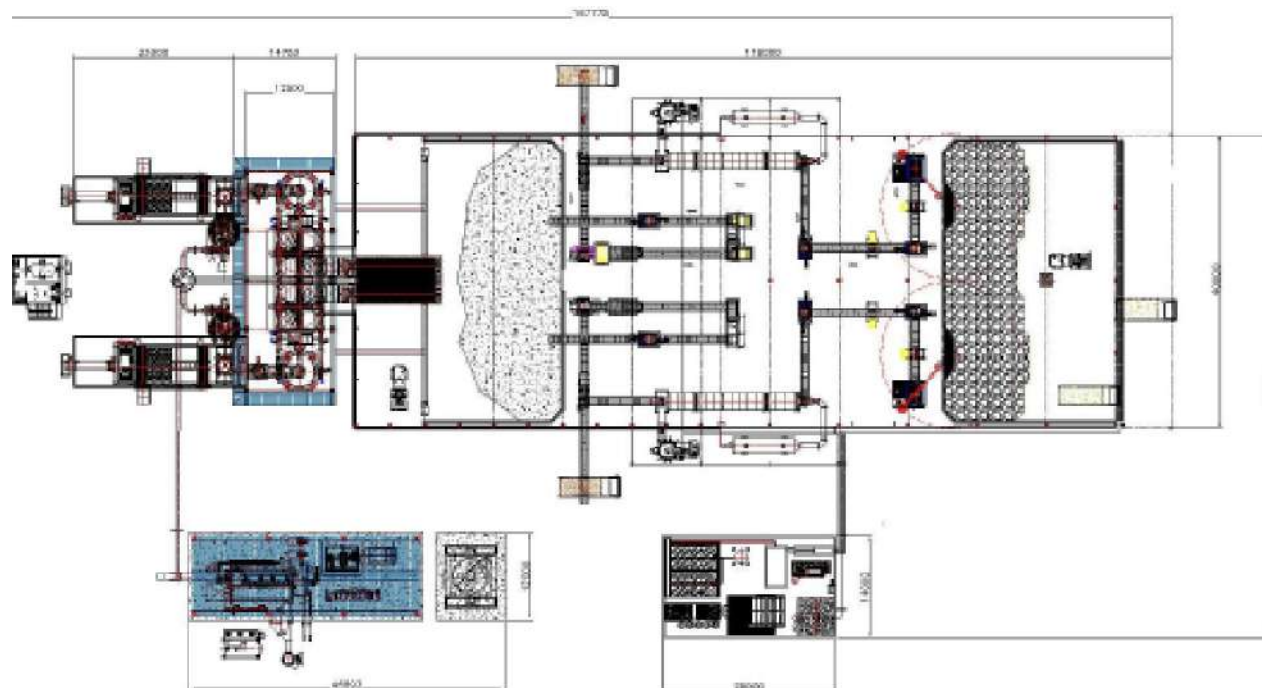
Resulta deste processo, além do gás combustível, apenas as cinzas inerentes ao CDR, as quais já possuem rotas tecnológicas para sua total absorção pelo mercado, como por exemplo produção de tijolos ecológicos, substituição do pó de pedra de asfalto, utilização de agregado do cimento (pozolana) e utilização para pavimentação de estradas vicinais.

- ETAPA 3: a última etapa configura o aproveitamento energético do gás de síntese, que pode ser usufruído para geração de calor, geração de vapor, uso como reagente

químico ou geração de energia elétrica. Para este projeto, bem como o presente estudo conceitual, considera-se a geração de energia elétrica por Ciclo Rankine, através da ilha de geração com caldeira e turbina a vapor, e a implantação de uma Estação de Tratamento de Efluentes dedicada.

Neste sentido, o layout preliminar exposto pela Figura 79 abaixo necessita de uma área total de aproximadamente 15.000 m<sup>2</sup>. Cumpre ressaltar que os layouts, bem como a área ocupada, podem sofrer alterações uma vez finalizados os projetos de detalhamento do empreendimento.

Figura 84. Layout conceitual Usina Termoquímica de Geração Elétrica através de RSU



No PMGIRS consta que, para a obtenção da composição aproximada dos RSD, comerciais e de limpeza pública do município, foi adotada a média das composições gravimétricas registradas nos Municípios de Salvador e Camaçari.

Figura 85. Gravimetria estimada PMGIRS

Material	Percentual
Plástico	12,10%
Papel, papelão	10,20%
Metais	2,00%
Vidros	2,50%
Materia Organica	53,20%
Outros	20,00%

Para composição final dos resíduos e determinação do Poder Calorífico Inferior, foi adicionada a contribuição dos resíduos verdes (RV).

Conforme o processamento exposto pela Figura 81, a composição final converge para que a qualidade físico-química do Combustível Derivado de Resíduo Sólido Urbano (CDR-U) atinja um Poder Calorífico Inferior de aproximadamente 4.022 kcal/kg com umidade final após o completo processamento e abatimento de umidade no secador homogeneizador rotativo de 18%.

Figura 86. Beneficiamento e composição do CDR-U (gravimetria padrão)

Quantidade	Previsão		Planta de beneficiamento de resíduos											
	kg	tonelada	Fluxo de entrada	Óleo	Óxido de zinco	Óxido de magnésio	Óxido de alumínio	Óxido de cálcio	Óxido de silício	Óxido de ferro	Óxido de enxofre	Óxido de sódio	Óxido de potássio	Óxido de fósforo
			45% de umidade	44% de umidade	42% de umidade	38% de umidade	35% de umidade	28% de umidade	25% de umidade	24% de umidade	22% de umidade	20% de umidade	18% de umidade	15% de umidade
Plástico	4,12%	13,61 t/dia	13,61 t/dia	13,61 t/dia	13,61 t/dia	13,61 t/dia	13,61 t/dia	13,61 t/dia	13,61 t/dia	13,61 t/dia	13,61 t/dia	13,61 t/dia	13,61 t/dia	13,61 t/dia
Papel	7,56%	23,74 t/dia	23,74 t/dia	23,74 t/dia	23,74 t/dia	23,74 t/dia	23,74 t/dia	23,74 t/dia	23,74 t/dia	23,74 t/dia	23,74 t/dia	23,74 t/dia	23,74 t/dia	23,74 t/dia
Têxtil	34,45%	107,34 t/dia	107,34 t/dia	107,34 t/dia	107,34 t/dia	107,34 t/dia	107,34 t/dia	107,34 t/dia	107,34 t/dia	107,34 t/dia	107,34 t/dia	107,34 t/dia	107,34 t/dia	107,34 t/dia
Óxido de zinco	4,12%	12,74 t/dia	12,74 t/dia	12,74 t/dia	12,74 t/dia	12,74 t/dia	12,74 t/dia	12,74 t/dia	12,74 t/dia	12,74 t/dia	12,74 t/dia	12,74 t/dia	12,74 t/dia	12,74 t/dia
Óxido de magnésio	0,20%	0,62 t/dia	0,62 t/dia	0,62 t/dia	0,62 t/dia	0,62 t/dia	0,62 t/dia	0,62 t/dia	0,62 t/dia	0,62 t/dia	0,62 t/dia	0,62 t/dia	0,62 t/dia	0,62 t/dia
Óxido de alumínio	11,25%	34,73 t/dia	34,73 t/dia	34,73 t/dia	34,73 t/dia	34,73 t/dia	34,73 t/dia	34,73 t/dia	34,73 t/dia	34,73 t/dia	34,73 t/dia	34,73 t/dia	34,73 t/dia	34,73 t/dia
Óxido de cálcio	0,30%	0,93 t/dia	0,93 t/dia	0,93 t/dia	0,93 t/dia	0,93 t/dia	0,93 t/dia	0,93 t/dia	0,93 t/dia	0,93 t/dia	0,93 t/dia	0,93 t/dia	0,93 t/dia	0,93 t/dia
Óxido de silício	10,75%	33,24 t/dia	33,24 t/dia	33,24 t/dia	33,24 t/dia	33,24 t/dia	33,24 t/dia	33,24 t/dia	33,24 t/dia	33,24 t/dia	33,24 t/dia	33,24 t/dia	33,24 t/dia	33,24 t/dia
Óxido de ferro	0,20%	0,62 t/dia	0,62 t/dia	0,62 t/dia	0,62 t/dia	0,62 t/dia	0,62 t/dia	0,62 t/dia	0,62 t/dia	0,62 t/dia	0,62 t/dia	0,62 t/dia	0,62 t/dia	0,62 t/dia
Óxido de enxofre	1,85%	5,74 t/dia	5,74 t/dia	5,74 t/dia	5,74 t/dia	5,74 t/dia	5,74 t/dia	5,74 t/dia	5,74 t/dia	5,74 t/dia	5,74 t/dia	5,74 t/dia	5,74 t/dia	5,74 t/dia
Óxido de sódio	0,20%	0,62 t/dia	0,62 t/dia	0,62 t/dia	0,62 t/dia	0,62 t/dia	0,62 t/dia	0,62 t/dia	0,62 t/dia	0,62 t/dia	0,62 t/dia	0,62 t/dia	0,62 t/dia	0,62 t/dia
Óxido de potássio	0,20%	0,62 t/dia	0,62 t/dia	0,62 t/dia	0,62 t/dia	0,62 t/dia	0,62 t/dia	0,62 t/dia	0,62 t/dia	0,62 t/dia	0,62 t/dia	0,62 t/dia	0,62 t/dia	0,62 t/dia
Óxido de fósforo	0,20%	0,62 t/dia	0,62 t/dia	0,62 t/dia	0,62 t/dia	0,62 t/dia	0,62 t/dia	0,62 t/dia	0,62 t/dia	0,62 t/dia	0,62 t/dia	0,62 t/dia	0,62 t/dia	0,62 t/dia
Total	100,00%	330,00 t/dia	330,00 t/dia	330,00 t/dia	330,00 t/dia	330,00 t/dia	330,00 t/dia	330,00 t/dia	330,00 t/dia	330,00 t/dia	330,00 t/dia	330,00 t/dia	330,00 t/dia	330,00 t/dia

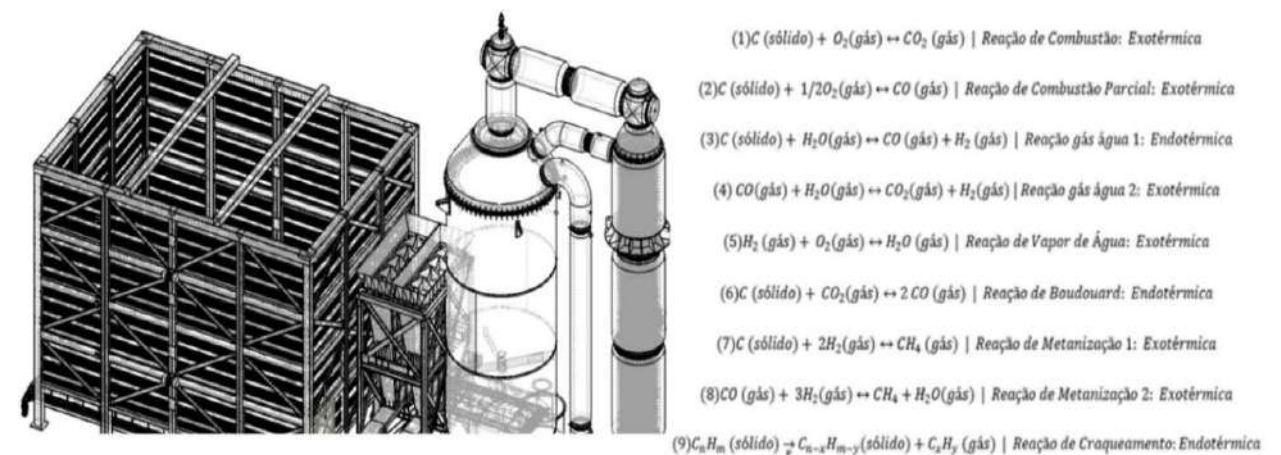
Com este dimensionamento, o empreendimento estará capacitado para receber 330 toneladas por dia, que compreende o volume previsto durante o período de operação do reator.

A usina preverá a capacidade de expansão para absorver o crescimento vegetativo regional, além de outros resíduos complementares, alcançando a capacidade máxima de 432 toneladas por dia

Só com os resíduos gerados pelo município, ocorrerá a geração de até 7,6 MWh de energia elétrica, sendo o seu consumo interno de até 1,9 MWh. Por conseguinte, haverá disponibilidade de exportar (comercializar) até 5,7 MWh de energia elétrica. O empreendimento conta com:

1. Uma planta de beneficiamento de resíduos sólidos urbanos (RSU), contendo duas linhas autônomas. A capacidade de processamento de cada linha é de 15 toneladas por hora. Portanto, é possível processar a demanda diária de resíduos em 11 horas de operação, tendo o tempo restante para manutenções preventivas ou corretivas. A linha de processamento conta com um fosso de recebimento, uma grua de manipulação dos resíduos, três trituradores, um separador aerólico, um separador magnético, um separador de metais não ferrosos (eddy-current) e um secador homogeneizador rotativo em fluxo concorrente com fornalha de oxidação de gás de síntese e lavador scrubber, convertendo o resíduo em CDR, que é armazenado em um silo de estoque.
2. Uma planta termoquímica com capacidade de até 30,0 Gcal/h, contendo um reator de gaseificação apto a processar o CDR proveniente de até 330 toneladas diárias de RSU com gravimetria alhures demonstrada, transportá-lo do silo de armazenamento pneumaticamente até o silo dedicado do reator e convertê-lo em gás de síntese apto para aplicação industrial.

Figura 87. Reator em leito fluidizado - Principais reações de geração de gás



- Uma planta de geração de energia elétrica através do ciclo termodinâmico Rankine, contendo caldeira a gás, turbina de condensação total, gerador e torres de resfriamento para geração de até 7,6 MWh. A planta de geração de energia elétrica consumirá o gás de síntese produzido pela planta termoquímica, através de sua oxidação na caldeira, gerando vapor com 42 bar de pressão e 420 °C. O vapor exercerá trabalho na turbina, gerando energia cinética para o gerador de energia elétrica. Na sequência, o vapor é completamente condensado nas torres de resfriamento e retorna para a caldeira em um ciclo fechado.

o processamento, para utilização como água industrial de reuso, reduzindo o consumo hídrico da planta nas torres de resfriamento do ciclo Rankine.

São as áreas de cada etapa:

- Planta termoquímica: 1.520 m<sup>2</sup>
- Planta de beneficiamento de resíduos: 5.000 m<sup>2</sup>
- Planta de geração de energia: 550 m<sup>2</sup>
- Estação de tratamento de efluentes: 350 m<sup>2</sup>
- Todas estas etapas são contíguas e interligadas no terreno da usina.

Figura 88. Sistema de geração de energia com gás de síntese

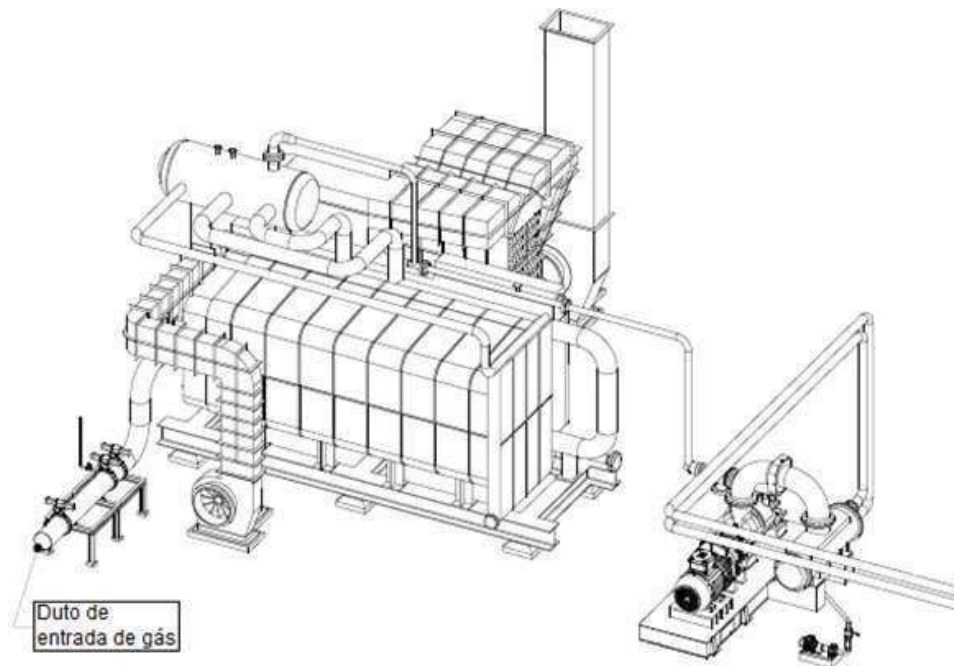
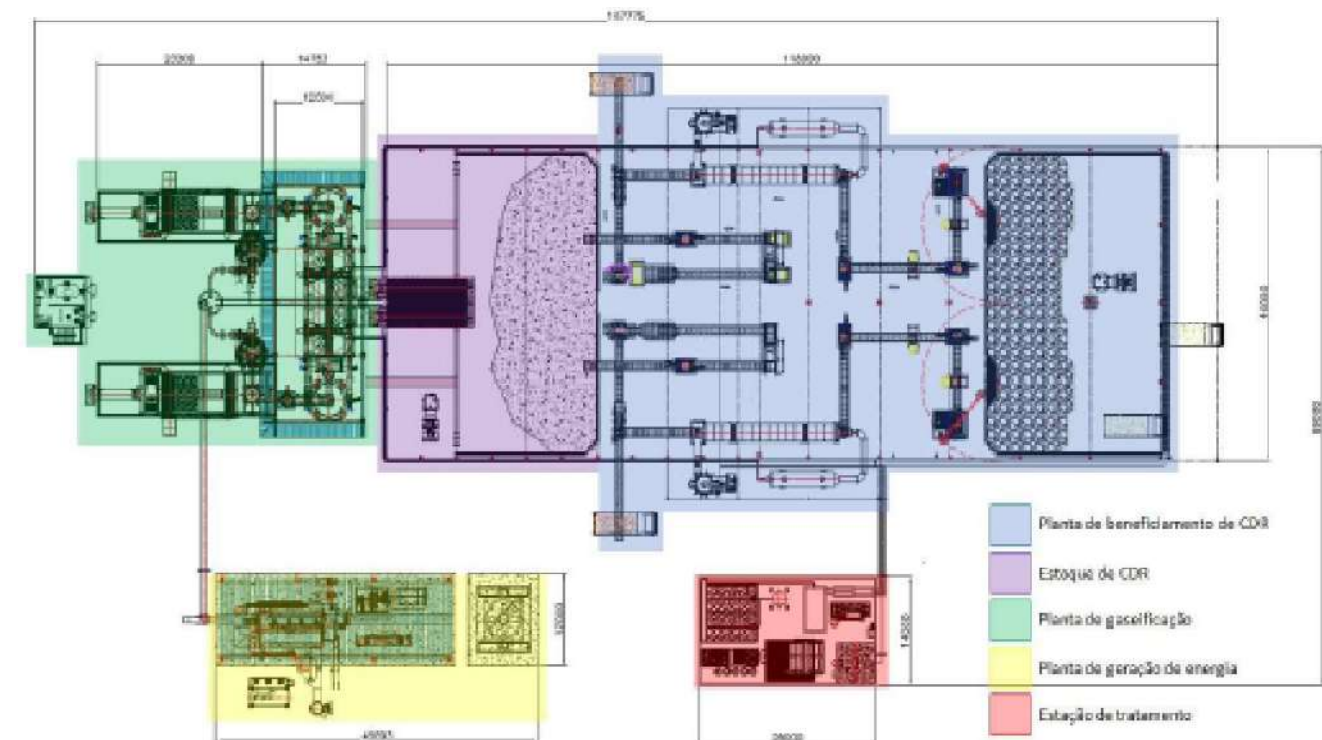


Figura 89. Arranjo geral da engenharia conceitual - Divisão por macroetapa



- Uma Estação de Tratamento de Efluentes com capacidade de 10,0 m<sup>3</sup> por hora para absorver os efluentes oriundos do sistema de lavagem dos gases da planta termoquímica e recuperar a umidade extraída dos resíduos sólidos urbanos durante

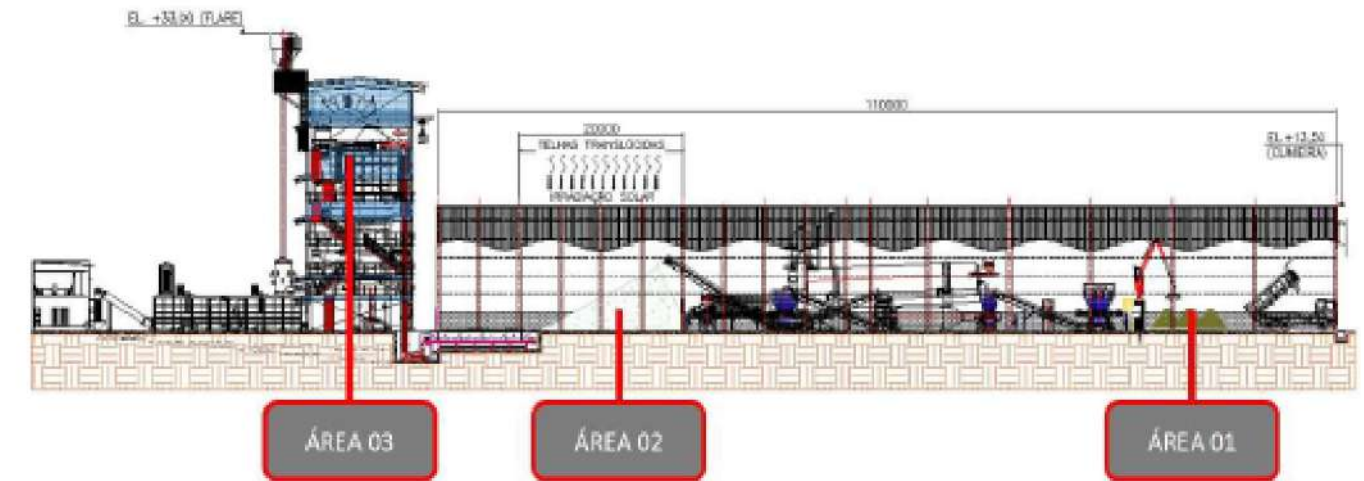
Os resíduos adentram na usina em um fosso de recebimento (área 01), com volume de 1.000 m<sup>3</sup> e capacidade de 400 toneladas de RSU.

Após o processamento, as 330 toneladas diárias de resíduos sólidos urbanos são convertidas em aproximadamente 188 toneladas de combustível derivado de resíduos (remoção de umidade e inertes) de acordo com as premissas estabelecidas para gravimetria e umidade.

O CDR é estocado no silo de armazenamento de combustível (área 02) sobre telhas de policarbonato para permitir irradiação solar, com volume de 2.000 m<sup>3</sup> e capacidade para 500 toneladas de CDR.

Este silo possui grande capacidade de armazenamento pois poderá regular a flutuação de recebimento de resíduos municipais em virtude da variação da população em épocas turísticas. O mesmo atuará como “pulmão” de estoque de combustível pronto, já não suscetível à degradação biológica, para manter constante a alimentação da planta de gaseificação.

A planta termoquímica também contém seu próprio silo de alimentação de CDR (área 03), com volume de 850 m<sup>3</sup> e capacidade de 210 toneladas de CDR. Destarte, haverá uma autonomia da usina em caso de atraso no recebimento de RSU de aproximadamente 5 dias.



É possível aumentar a autonomia da planta, caso seja concedida maior área para o silo de estoque de CDR, uma vez que o resíduo processado não detém umidade livre que permita o crescimento de fungos, leveduras ou bactérias, geração de odor para atração de vetores, formação de chorume ou comprometimento de sua qualidade físico-química.

O CDR então é alimentado diretamente do silo de alimentação até o reator termoquímico, onde será convertido em gás de síntese.

A análise composicional e de características físico-químicas do gás de síntese produzido por reator em leito fluidizado circulante através do tratamento termoquímico de Combustível Derivado de Resíduos Sólidos Urbanos foi realizada pela empresa White Martins, alcançando os resultados expressos no gráfico abaixo.

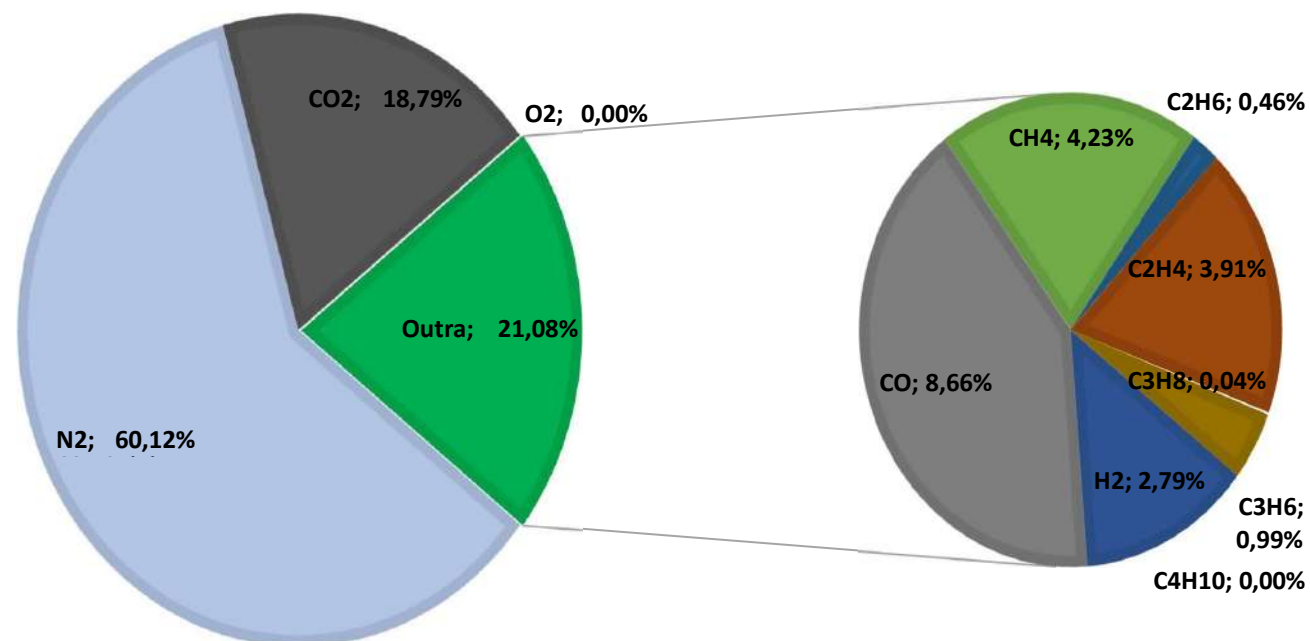
Figura 90. Áreas de estoque de combustível



O único coproduto formado corresponde as cinzas do processo, inerentes ao combustível. Parte das cinzas (cinzas de fundo) são extraídas por gravidade por uma rosca que terá seu controle por lógica embarcada e menor parte (cinzas volantes) são removidas durante a lavagem do syngas.

De acordo com os ensaios reportados e realizados nas amostras das cinzas do resíduo neste processo, seguindo as orientações previstas na ABNT NBR 10004:2004, conclui-se que as amostras analisadas se enquadram como resíduo classe II A, não perigosos e, portanto, podem ser destinados a aterros sanitários convencionais ou ter uma rota industrial para seu aproveitamento como matéria-prima.

Figura 91. Composição amostras de cinzas



7.5 PLANTA DE BENEFICIAMENTO DE CDR

São as etapas de processamento do CDR para cada linha:

7.5.1 Grua de Alimentação – Manipuladora

Será necessária uma grua para manipular o resíduo que adentra a usina na área de recebimento para dosagem no equipamento correto da linha de beneficiamento de resíduos. Esta grua tem a função de prover uma movimentação simples e eficiente das cargas de RSU.

Figura 92. Grua manipuladora



7.5.2 Trituradores

Serão necessárias etapas de trituração para homogeneizar o tamanho das partículas heterogêneas presentes no RSU e atingir uma condição de área específica benéfica ao processo de secagem e gaseificação do CDR.

O triturador primário deve possuir baixa rotação e alto torque, com a finalidade de atender a premissa basilar da usina do recebimento indiscriminado dos resíduos que entrariam em um aterro sanitário.

Ao todo, serão necessárias três etapas de trituração para garantir a adequação granulométrica eficiente. De todo modo, etapas distintas de trituração também auxiliam na redução de incidência de manutenção e troca de peças sobressalentes dos trituradores, uma vez que os equipamentos subsequentes já realizarão um diferencial de tamanho de partícula mais controlado e reduzido, e, também, na separação mecânica da umidade, com rompimento de invólucros, gotejamento de água superficial e livre e expulsão de água por atrito.

Figura 93. Trituradores

### 7.5.3 Separador de Materiais Ferrosos

Metais são materiais inertes que não detém potencial energético, portanto caso adentrem o sistema de gaseificação serão expulsos nas cinzas, dissipando calor e reduzindo a eficiência global do processo. Para tanto, são previstos separadores magnéticos para remover os metais ferrosos do CDR, gerando um material reciclável que pode ser encaminhado para comercialização.



O separador magnético consiste em um extrator de sucata suspenso para remoção de componentes ferromagnéticos contra a gravidade através de campo magnético profundo gerado mediante eletroímã de ferrita de estrôncio, os reservando automaticamente em um recipiente separado.

É um equipamento autolimpante que possui correia transportadora circulante. Operado em modelo construtivo crossover para um resultado de separação ideal.

Adicionalmente, o separador magnético também é posicionado de forma a proteger os equipamentos a jusante, uma vez que a remoção de metais abranda a trituração.

Figura 94. Separador magnético



#### 7.5.4 Secador Homogeinizador Rotativo

Como o objetivo do empreendimento é de proporcionar a recuperação energética das frações orgânicas e inorgânicas do Resíduo Sólido Urbano, e dada a característica cultural brasileira de mesclar ambos os resíduos na destinação final, o resíduo orgânico também deve ser valorizado, reduzindo a massa destinada para aterros sanitários e inibindo a emissão de gases de efeito estufa.

Neste cenário, a alta umidade que é carregada intrinsecamente na fração orgânica do RSU deve ser controlada, permitindo que o material opere no sistema de gaseificação como uma biomassa, inclusive contribuindo para geração do gás de síntese.

Conseqüentemente, é prevista uma etapa de secagem que usufruirá uma fração do próprio gás gerado no sistema para prover aporte térmico necessário para redução da umidade do CDR final em até 20%. Neste patamar, a água fica ligada a estrutura do CDR, concentrando a energia química disponível e vedando a atividade biológica. Como fungos, leveduras e bactérias não metabolizarão esta fração orgânica, é cessada a geração de chorume e proliferação de odores e vetores patogênicos.

Cumprindo este objetivo da secagem, é previsto um secador rotativo que atuará, também, como homogeneizador do CDR gerado. De mais a mais, a umidade extraída nesta etapa de secagem que é beneficiada pela trituração anterior, será condensada em um lavador scrubber para aproveitamento do recurso hídrico em uma estação de tratamento de água para reuso industrial.

O secador homogeneizador rotativo consiste em um conjunto de equipamentos:

a) Fornalha para oxidação do gás de síntese proveniente da gaseificação

Sistema que proverá o aporte térmico a partir do potencial químico do gás gerado no processo subsequente de gaseificação do CDR; Destarte, não se faz necessário adquirir qualquer combustível comercial para proporcionar a energia necessária para secagem final.

b) Dumper de ar frio e termopar de controle

Sistema de manutenção da temperatura do secador para manter a umidade final do CDR em torno de 20%, com economia do uso do gás de síntese. Este sistema permite manter a temperatura de saída do processo em torno de 80 °C, facilitando o carreamento de umidade, bem como flutuar a geração de calor com base na umidade do CDR a ser processado após os estágios de trituração e remoção de inertes nos equipamentos antecessores.

c) Tambor rotativo

Tambor cilíndrico de baixa rotação, formando uma constante cortina de resíduo por onde o ar quente proveniente da exaustão da fornalha será insuflado em regime concorrente. Devido a velocidade e inclinação, o tambor também atribuirá a função de homogeneizar o CDR final.

#### d) Lavador scrubber

Lavador dos gases de exaustão tipo scrubber para condensar a água removida durante o processo de secagem para envio ao tratamento, separação dos particulados e controle de odor. A água de reuso originária pode completar o consumo das torres de resfriamento na geração de energia

Figura 95. Secador Homogeneizador Rotativo



#### 7.5.5 Separador aeólico

Alguns componentes presentes no RSU também são inertes, mas não serão separados por granulometria ou magnetismo, tal como pedras e vidro. Para tanto é previsto um separador aerólico ou densimétrico que é um equipamento projetado para separar materiais com base em suas características de densidade utilizando um processo de separação por ar. Materiais

que apresentam densidades superiores a  $1000 \text{ kg/m}^3$ , que será a faixa de trabalho parametrizada no equipamento, quase que em sua totalidade são inertes.

O funcionamento básico de um separador aerólico envolve a criação de uma corrente de ar com velocidade contínua e controlada dentro do equipamento. O RSU é alimentado no separador, onde ocorre uma combinação de movimentos de queda e de fluxo de ar ascendente. Essa combinação permite a separação dos materiais com base em sua densidade.

Os materiais inertes presentes no RSU, como pedras, areia, vidro e metais pesados, têm uma densidade maior em comparação com o restante dos componentes, como plásticos, papel e resíduos orgânicos. À medida que o RSU é alimentado no separador aerólico, a corrente de ar ascendente cria uma força que faz com que os materiais mais densos sejam direcionados para uma área separada, enquanto os materiais de densidade mais baixa são transportados pelo fluxo de ar e coletados em outra área. O fluxo de ar por sua vez passa por uma câmara de desaceleração e retorna em um ciclo fechado, contendo filtros para separação também de material particulado.

Figura 96. Separador aerólico



#### 7.5.6 Estoque de CDR

Alguns O combustível das duas linhas de processamento então é armazenado em um silo até seu transporte para planta termoquímica onde será convertido em gás de síntese.

O silo armazena o resíduo a granel, e conta com uma tremonha que alimenta o material no transportador que enviará o combustível ao sistema de geração de gás/energia. A tremonha é alimentada através de manipuladores/empilhadeiras.

Figura 97. Manipulação de CDR a granel



Sob o silo de estoque são posicionados exaustores que coletam o ar de processo para planta termoquímica.

Os exaustores capturam qualquer material volátil que será enviado para o reator, sendo o mesmo convertido em gás de síntese, promovendo constante pressão negativa no galpão de processamento e inibindo a proliferação de odores do processamento do RSU fresco.

Suplementarmente, o silo de armazenamento de combustível fica estrategicamente posicionado no galpão da planta de beneficiamento de resíduos em área sob telhas de policarbonato, plástico derivado de resinas de carbono com estrutura translúcida.

Por conseguinte, a área do silo receberá irradiação solar e fará proveito da energia foto térmica para auxiliar na secagem final do CDR, o que pode reduzir o consumo de gás de síntese do sistema de gaseificação, destinando maior quantitativo para geração de energia elétrica.

O CDR estocado contém toda umidade de sua estrutura na forma conectada, não tendo água biologicamente disponível para a metabolização de fungos, leveduras e bactérias (até aproximadamente 22% de umidade).

Na condição que reservado, o combustível preserva suas características físico-químicas a granel e inibe qualquer atividade de decomposição ou formação de chorume e odor. A incidência solar corroborará para este efeito.

#### ○ 7.5 PLANTA DE GASEIFICAÇÃO

Neste processo, o principal componente é um reator termoquímico responsável pelo craqueamento térmico das ligações de carbono, convertendo assim o combustível sólido de RSU (CDR-U) em um combustível gasoso e limpo, denominado gás de síntese. O reator, classificado como gaseificador em leito fluidizado circulante, é um gerador de gás pobre o qual pode ser dividido em três partes distintas.

O *plenum*, por onde o agente gaseificante adentra o processo e preenche o volume inferior do reator separado por uma grelha que contém bicos injetores para dispersão do fluido.

Figura 98. Exemplo de plenum de reator



O leito, onde uma camada de sílica depositada sob a grelha recebe o fluxo ascendente do agente gaseificante pelos bicos, se tornando um pseudo fluido o qual transporta e homogeneiza a massa e energia de forma turbulenta por todo reator.

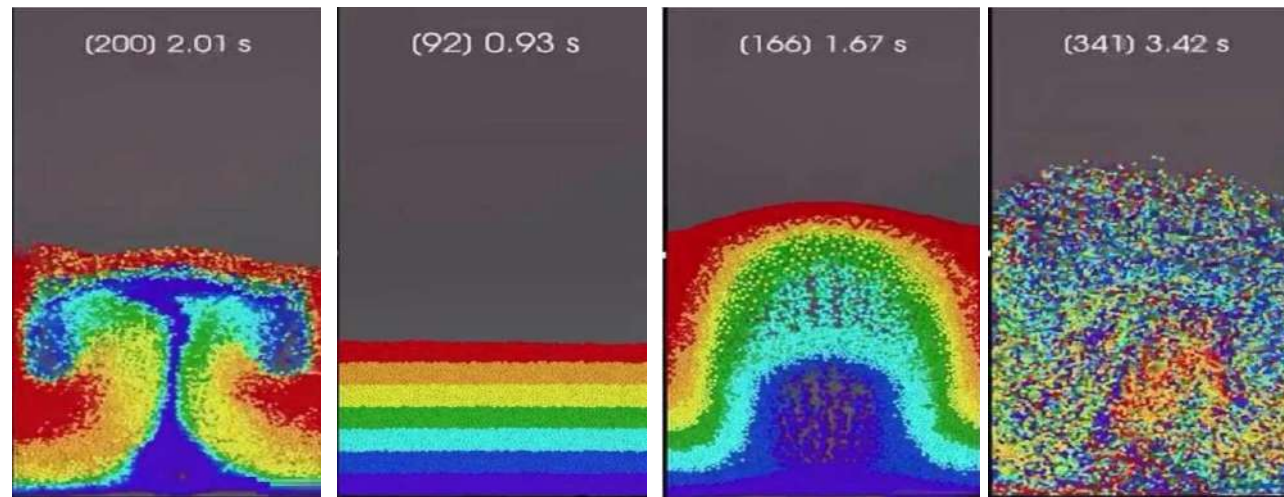


Figura 99. Leito inativo

Figura 100. Leito (fase inicial 1)

Figura 101. Leito (fase inicial 2)

Figura 102. Leito fluidizado circulante

### 7.5.1 ETAPAS DA GASEIFICAÇÃO

São os componentes necessários para operar a planta termoquímica:

Figura 103. Modelo de planta termoquímica de gaseificação

O Free Board, onde os gases permanecem em alta temperatura (800 °C) e na ausência de oxigênio, até serem transportados para um ciclone interno de alta eficiência que circula qualquer carbonáceo não convertido de volta para o leito e envia o gás gerado para as fases subsequentes do processo.

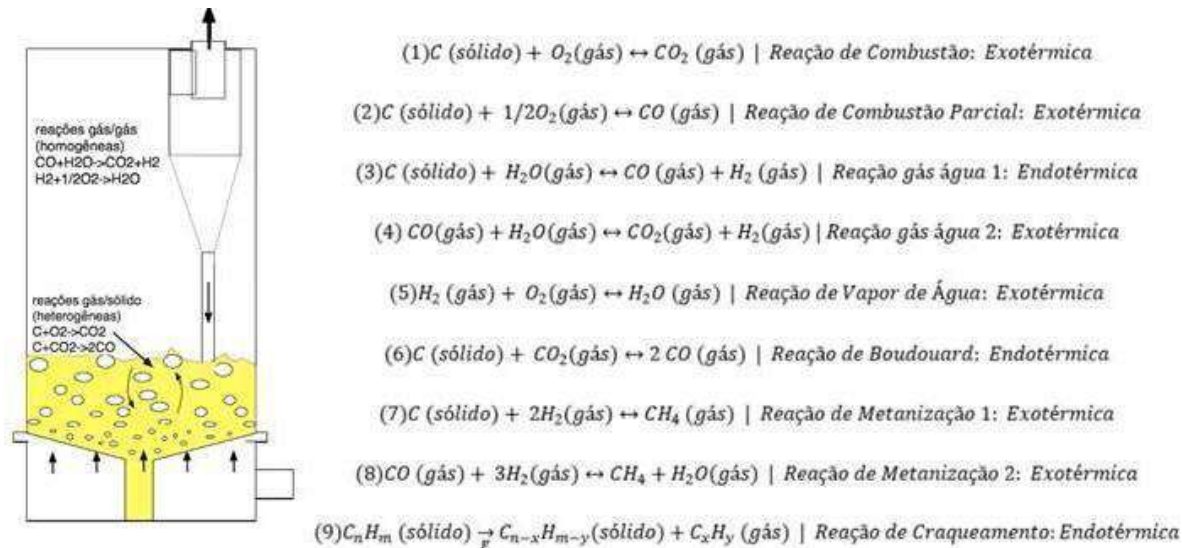
As reações que consomem o oxigênio do agente gaseificante são exotérmicas, e promovem a manutenção da temperatura do sistema para a ativação das reações endotérmicas que geram o gás de síntese combustível. Neste equilíbrio, todo oxigênio é consumido inicialmente no processo, permitindo assim que a reação de oxidação (espontânea) não ocorra devido a indisponibilidade química de comburente, ocasionando nas reações de craqueamento e, conseqüentemente, na geração do gás produto.



PLANTA			
TERMOQUÍMICA			
ITEM	NOMENCLATURA	ITEM	NOMENCLATURA
1	Estrutura metálica telhada	15	Válvula de ar
2	Ponte rolante	16	Rosca de extração de cinzas
3	Reator termoquímico	17	Válvula reguladora de pressão de gás
4	Trocadores de calor	18	Válvula reguladora de pressão de ar
5	Peneira vibratória	19	Pipe-racks
6	Sistema de lavagem dos gases	20	Sistema de exaustão e captação de ar
7	Silo de alimentação de CDR	21	Selo hidráulico
8	Silos de consumíveis (calcário e areia)	22	Planta hidráulica
9	Esteira de alimentação de CDR	23	Sala de operação
10	Rosca de extração de consumíveis	24	Sistema de Inertização
11	Flare	25	Sistema de partida
12	Válvulas de alimentação de CDR	26	Transportador de correia ou caneco "Z"
13	Válvulas de cinzas	27	Soprador de ar de processo
14	Válvula de gás	-	Instrumentação, automação



Figura 104. Leito Fluidizado Circulante



Após o processo de transporte do material do silo de armazenamento no solo, que pode ser executado por transportador de correia ou caneco, o CDR é descarregado por gravidade em um silo de autonomia para o reator.

Do silo, a dosagem de produto é realizada por software, que compila as leituras dos instrumentos online (termopares, transdutores de pressão e medidores de vazão) instalados ao longo do reator, resultando no movimento rotativo da esteira extratora do silo de alimentação, aumentando ou diminuindo a quantidade mássica de alimentação do produto a ser inserido no reator em determinado período.

Ao lado do silo de autonomia, há dois silos menores para consumíveis do processo, carbonato de cálcio (calcário) e sílica (areia). O sistema de dosagem de calcário ou carbonato de cálcio contém uma rosca transportadora com moto redutor de rotação reversível que

deposita o consumível do processo (Calcário / Carbonato de Cálcio /  $CaCO_3$ ), de alta pureza nas esteiras transportadoras de CDR.

Figura 105. Modelo de alimentação de CDR



A reposição do calcário é feita com bags içados por ponte rolante.

A função deste Silo é de promover a mistura entre o CDR (Combustível derivado de Resíduos) com o carbonato de cálcio, que atua como agente neutralizante para componentes

ácidos sintetizados pelo cloro e enxofre elementar contido no RSU, evitando assim a formação de hidrácidos que podem formar óxidos de cloro e enxofre na chaminé da caldeira.

Por esta finalidade, o moto redutor da esteira de extração do consumível é controlado pelo software de processo com base na leitura composicional de variável específica, coletada dos níveis de sulfeto de hidrogênio no gás de síntese à montante da oxidação na caldeira a gás.

Desta forma, caso algum lote de recebimento de RSU contenha concentrações anômalas de contaminantes, o sistema autocorriga a neutralização sem intervenção humana.

O sistema de dosagem de sílica contém uma rosca transportadora com moto redutor de rotação reversível que deposita o consumível do processo nas esteiras transportadoras de CDR. A reposição da sílica é feita com bags içados por ponte rolante. A função deste Silo é de repor a sílica ao leito fluidizado circulante que ocasionalmente é extraída pela rosca extratora de cinzas ou arrastada como particulado durante o processo da reação termoquímica.

Por esta finalidade, o moto redutor da esteira de extração do consumível é controlado pelo software de processo com base na leitura do diferencial de pressão que demonstra a altura do leito. Desta forma, caso algum lote de recebimento de RSU contenha baixo teor de cinzas, o sistema autocorriga a altura do leito sem intervenção humana.

Figura 106. Ilustração da alimentação



No final do curso de transporte, o CDR com os consumíveis alcança duas capelas que transportam por gravidade o combustível para um conjunto de válvulas de alimentação do tipo guilhotina, com quatro válvulas em cada conjunto mais duas válvulas de segurança.

As válvulas abrem e fecham alternadamente, formando “comportas” com o combustível. Nestas comportas é inserido ar de processo, gerando um selo hidráulico. Ao final da última válvula, o CDR é conduzido por gravidade até alcançar uma rosca alimentadora sem-fim, a qual introduz o material de forma contínua no reator termoquímico.

Figura 107. Conjuntos de alimentação do reator



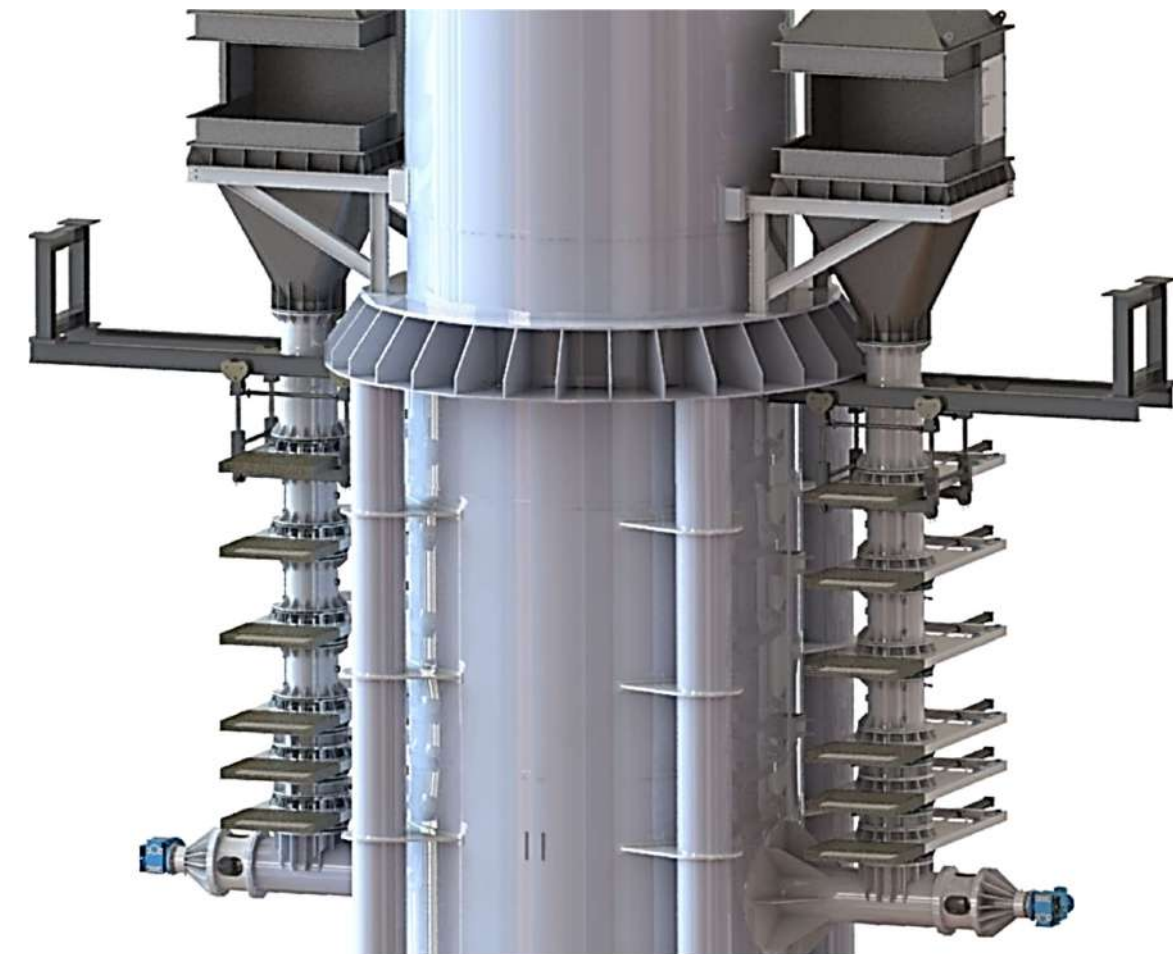
Dentro do reator, o produto em contato com o leito fluidizado circulante, composto de sílica a 800°C juntamente com o agente gaseificante de processo proveniente dos sopradores, transforma-se em um gás combustível através de reações químicas.

Caso um sistema de alimentação seja interrompido devido uma manutenção preventiva ou corretiva, o mesmo é paralisado para intervenção necessária e a instrumentalização da planta que compila as leituras dos instrumentos online (termopares, transdutores de pressão e medidores de vazão) instalados ao longo do reator responderá a menor disponibilidade de carbono no meio, automaticamente acelerando a esteira de dosagem do outro sistema de alimentação, suprimindo a necessidade da planta antes mesmo da detecção da sinalização de alerta, garantindo a segurança operacional e elevado fator de capacidade.

Este fator é válido para todos os sistemas dinâmicos e passivos de manutenção, tendo toda redundância necessária para manter o processo em funcionamento.

Dentro do reator, o resíduo alcança a zona do leito que se encontra fluidizado pelo fluxo ascendente de ar de processo, o qual provém de um conjunto de sopradores industriais ligados em série com rotor de pás inclinadas para trás, balanceados estaticamente e dinamicamente para altas pressões.

Figura 108. Sistema de ventiladores centrífugos industriais

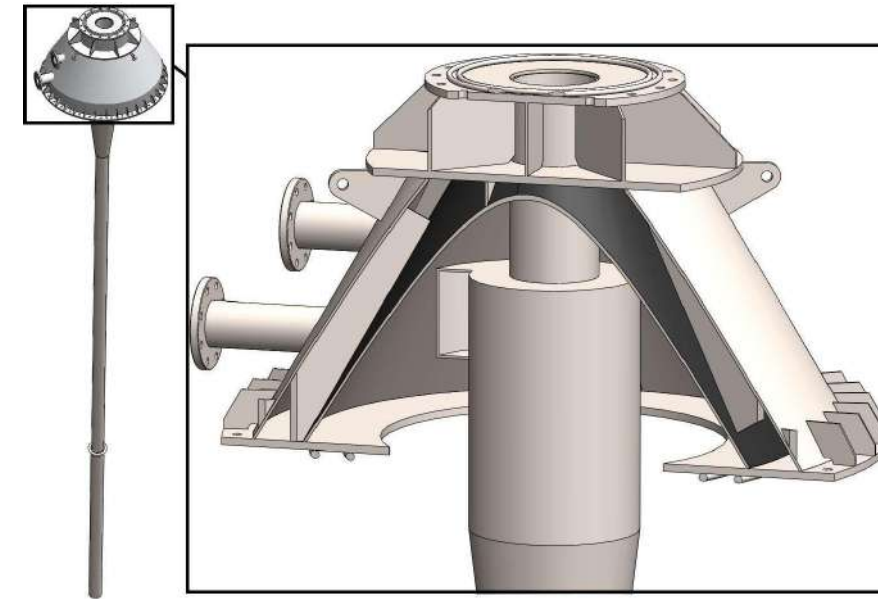


O ar é injetado no plenum em condições subestequiométricas, transita pelos bicos injetores formando um movimento turbulento de homogeneização entre o leito (sílica) e o CDR alimentado. O oxigênio proveniente do ar atmosférico é instantaneamente consumido em reações espontâneas de oxidação incompleta, permitindo a manutenção da temperatura da gaseificação.

Os demais componentes do CDR, instáveis devido a temperatura e com ausência de oxigênio para combustão, sofrem reações secundárias de craqueamento térmico e são convertidos em gás de síntese. O gás é transportado pelo corpo do reator em baixas velocidades, permitindo período suficiente no tempo de residência para as reações, gerando a composição final do combustível.

Na saída do reator, o gás passa por um ciclone interno de alta eficiência que atua como sistema de reciclo, retornando material particulado e qualquer carbonáceo não convertido até 10 µm para o leito do reator.

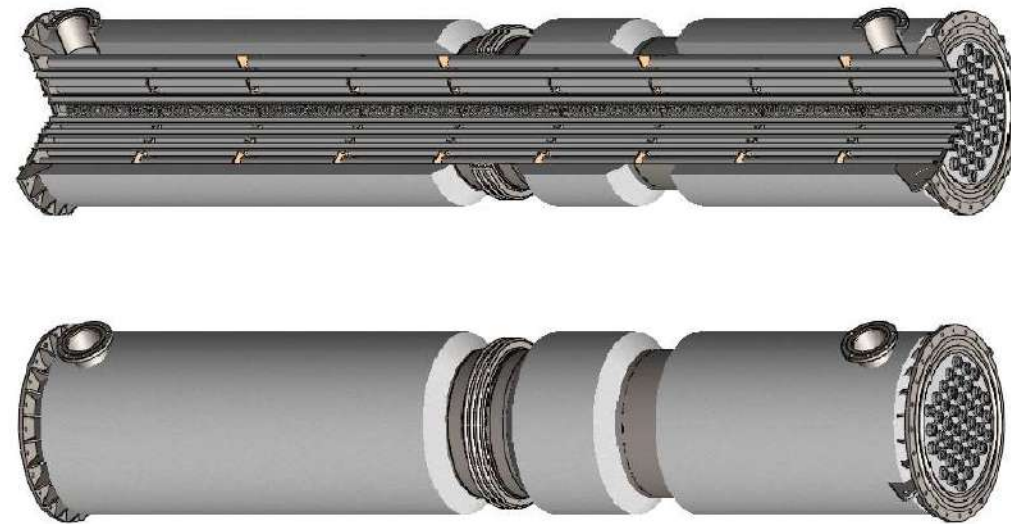
Figura 109. Ciclone na cabeça de saída do reator com superaquecedor



A jusante da saída do reator, o gás passa por conjuntos de trocadores de calor do tipo casco tubo, com o objetivo de usufruir do calor sensível do gás formado para pré-aquecer o ar de processo.

Também, a própria cabeça do reator possui uma fase de troca de calor, a qual aproveita a radiação do leito.

Figura 110. Sistema de troca de calor



O ar atmosférico coletado pelos sopradores industriais, captado de dentro do galpão de processamento é enviado ao conjunto de trocadores de calor e superaquece até 400 °C, expandindo seu volume com a preservação da molaridade de oxigênio. O gás resfriado em contracorrente com o ar de processo é então enviado para o sistema de lavagem.

Durante o processo, a fração inerte do CDR (teor de cinzas) bem como os materiais com nula energia potencial química sobressalentes da planta de beneficiamento (tais como metais e vidros) adentram o reator e não são convertidos.

A temperatura de processo não é suficiente para volatilização ou amolecimento destes componentes, portanto os mesmos somente extraem energia térmica e são depositados no fundo do leito com auxílio da geometria da grelha.

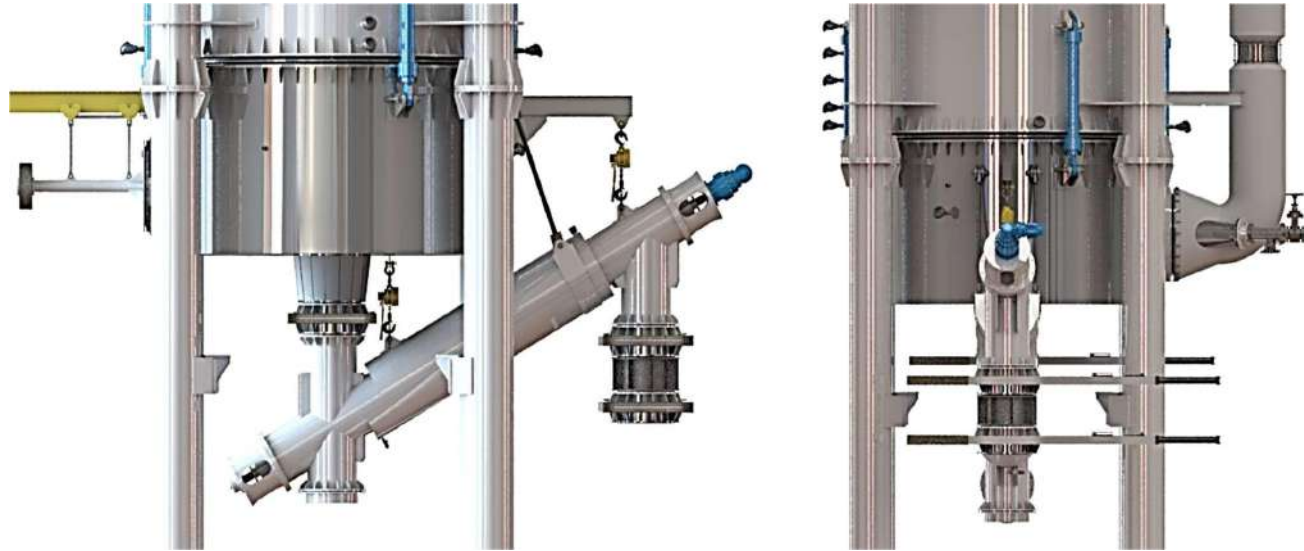
Estas frações, doravante denominadas “cinzas” são extraídas por um sistema que contém uma rosca transportadora, válvulas estanques tipo guilhotina em sistema de comporta e uma peneira vibratória.

Figura 111. Sistema de extração de cinzas



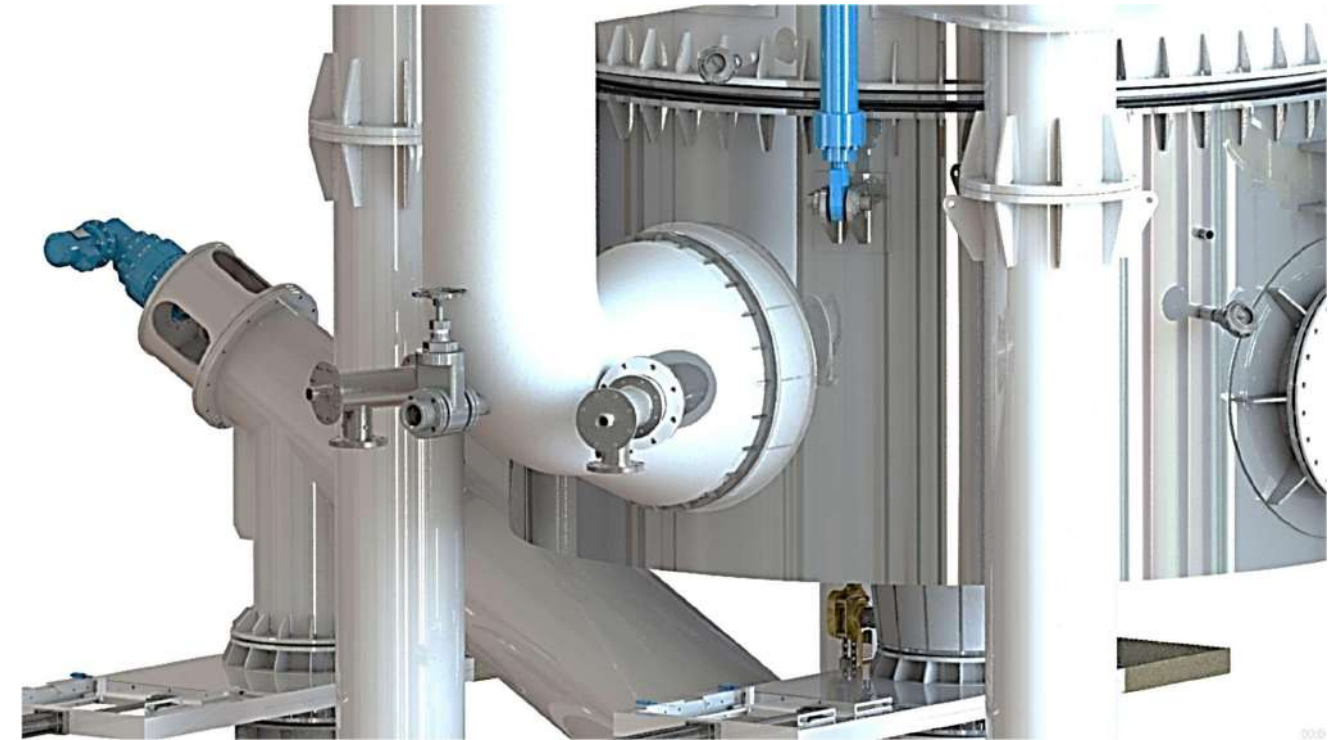
O sistema conta com um flare de segurança que permite modular a potência de geração e atuar como sistema de escape e oxidação do gás de síntese na interrupção da geração de energia.

Figura 112. Trocadores de calor



Também, para a primeira fase da partida do reator, a planta conta com um sistema de aquecimento via fonte externa, proporcionando aporte térmico proveniente da oxidação de GLP e oxigênio, na sequência o ar de processo é acionado, permitindo melhor transporte de energia.

Figura 113. Sistema de partida do reator



Cabe ressaltar que este sistema tem operação restrita ao período inicial da partida, uma vez que o reator alcance a temperatura de 400 °C, não há qualquer aporte térmico externo ao reator e o sistema permanece inativo até a próxima partida.

O sistema de lavagem dos gases permite a limpeza do gás de síntese produzido para que sejam alcançados os melhores resultados na fase de geração de energia e emissões.

O gás transita por um sistema de lavagem úmido que é composto por um lavador scrubber e um lavador venturi, os quais removem os particulados extrafinos que ficaram abaixo da granulometria de retenção pelo ciclone ( $\cong 10 \mu\text{m}$ ).

No pulverizador do lavador venturi, o gás passará por um estrangulamento, submetido a uma cortina de água fazendo com que qualquer particulado extrafino se emulsione com a mesma, dosada com óxido de cálcio ( $CaO$ ), formando hidróxido de cálcio ( $Ca(OH)_2$ ), uma base conhecida como cal hidratada que promoverá um sistema redundante para as reações de neutralização.

O gás então será conduzido a um lavador scrubber, removendo sua umidade remanescente e tornando-o apto ao aproveitamento energético. A água com particulado e sais precipitados é enviada para um reservatório o qual proporcionará a decantação do particulado grosseiro e suspensão do particulado fino que serão devidamente extraídos pelos raspadores de superfície e por esteira extratora de fundo.

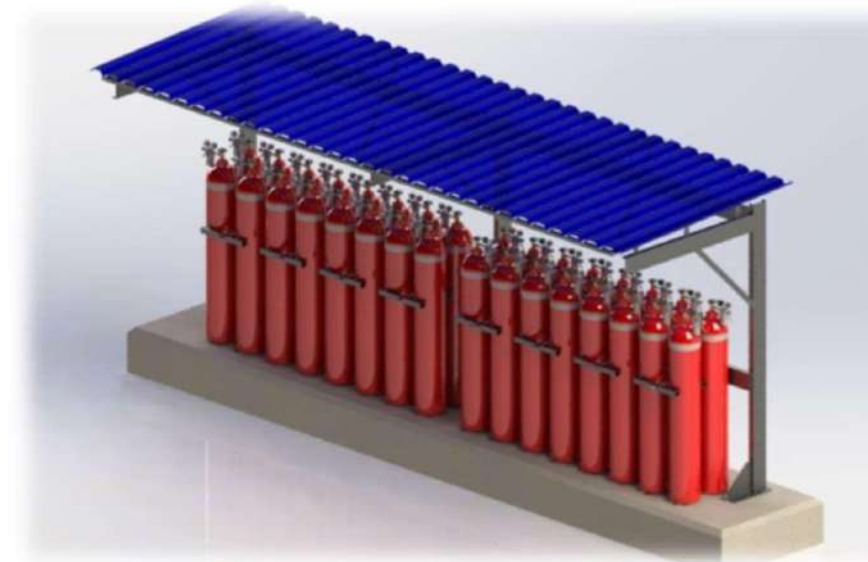
Figura 114. Sistema de lavagem dos gases



O tratamento do gás remove material particulado (inclusive fuligem) e com ele metais e compostos orgânicos aderidos à sua superfície, além de neutralizar compostos de enxofre (principalmente  $H_2S$ ) e de cloro ( $HCl$ ). A remoção de MP e de compostos de enxofre e cloro inibe a formação posterior de PCDD/Fs, COVs,  $SO_x$  e  $HCl$ . A torre de resfriamento do sistema de lavagem dos gases tem funcionamento automático e promove o arrefecimento do reservatório de água que constantemente troca calor com o gás.

A planta também possui seu próprio sistema de inertização para paradas programadas ou emergenciais, composto por uma bateria de cilindros de dióxido de carbono.

Figura 115. Sistema de inertização da planta



○ 7.6 PLANTA DE GERAÇÃO DE ENERGIA E TRATAMENTO DE ÁGUA

São os componentes necessários para operar a planta de geração de energia elétrica:

Figura 116. Planta de geração de energia elétrica

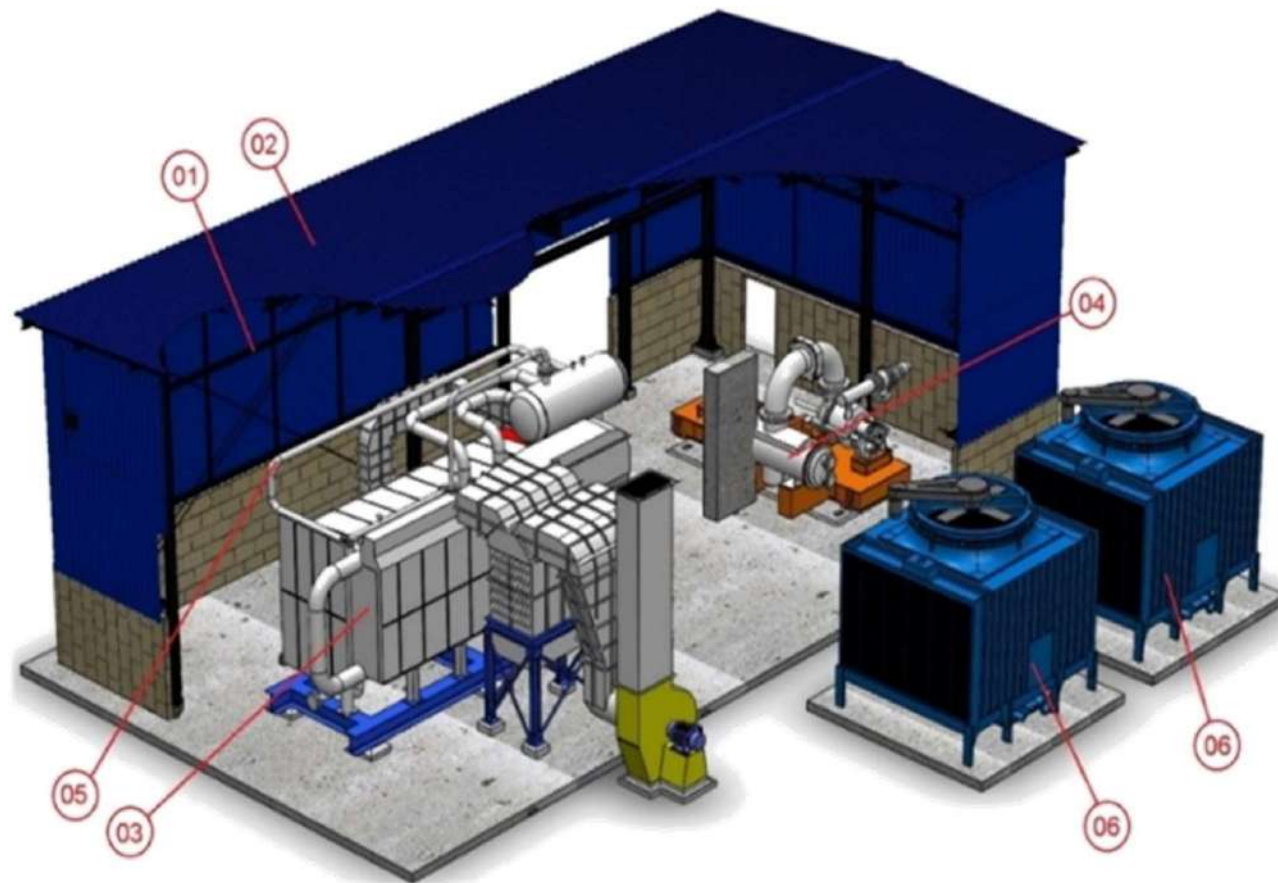


Figura 117. Componentes da planta de geração de energia

Planta de Geração de Energia			
ITEM	NOMENCLATURA	ITEM	NOMENCLATURA
1	Estrutura Metálica	4	Turbina a vapor
2	Telhamento do Galpão de Geração	5	Dutos e Flanges
3	Caldeira a Vapor	6	Torre de Resfriamento
3.1	Tanque de Água Desmineralizada	-	Subestação elevatória

Após transitar pelo sistema de lavagem dos gases e o rack de instrumentação, o gás de síntese é encaminhado para a planta de geração de energia elétrica.

Vale observar que válvulas reguladoras de pressão controlam este fluxo, desviando caso necessário parcialmente ou integralmente a geração de gás para o *flare* de segurança.

Ao adentrar na planta de geração de energia elétrica, o gás de síntese passa por um rack de redução de pressão para atender de forma estável o queimador tipo Lo-NOx, considerada melhor tecnologia prática disponível, especificamente dimensionado para a mistura estequiométrica da composição de gases.



Figura 118. Exemplo de queimador a gás de síntese Lo-NOx



O queimador converte a energia potencial química do gás de síntese em energia térmica através de sua oxidação. O calor produzido na câmara da caldeira aquatubular é transmitido para os feixes tubulares de água da caldeira gerando vapor.

Figura 119. Caldeira aquatubular de gás de síntese (exemplo)



A caldeira aquatubular projetada para a usina de geração de energia elétrica operará com condições de vapor superaquecido, com pressão de 42 bar e temperatura de 420 °C. Essas condições foram selecionadas levando em consideração a disponibilidade comercial oferecida por fornecedores nacionais, visando evitar a necessidade de materiais e projetos especiais, além de facilitar a manutenção do equipamento.

O vapor gerado será enviado para um grupo turbo gerador, onde a expansão do mesmo devido sua perda de pressão nos estágios da turbina ocasiona no movimento rotacional de pás acopladas a um eixo. Este eixo está conectado ao gerador síncrono que, pelo princípio da indução eletromagnética na rotação da bobina, o campo magnético atravessa as espiras, alterando o fluxo magnético através dela. Esse movimento relativo entre a bobina e o campo magnético induz uma corrente elétrica na bobina, de acordo com a lei de Faraday da indução eletromagnética.

A corrente elétrica induzida na bobina é retirada por meio de terminais conectados a ela. Essa corrente elétrica é então conduzida até uma subestação elevatória para elevar a tensão de saída do gerador, possibilitando a conexão com a rede e exportação de energia elétrica.

Figura 120. Exemplo de grupo turbogerador



O vapor de saída da turbina, por se tratar de um ciclo de condensação total, é retirado a 0,1 bar de pressão e encaminhado para as torres de resfriamento para condensar o vapor e retornar à água para caldeira.

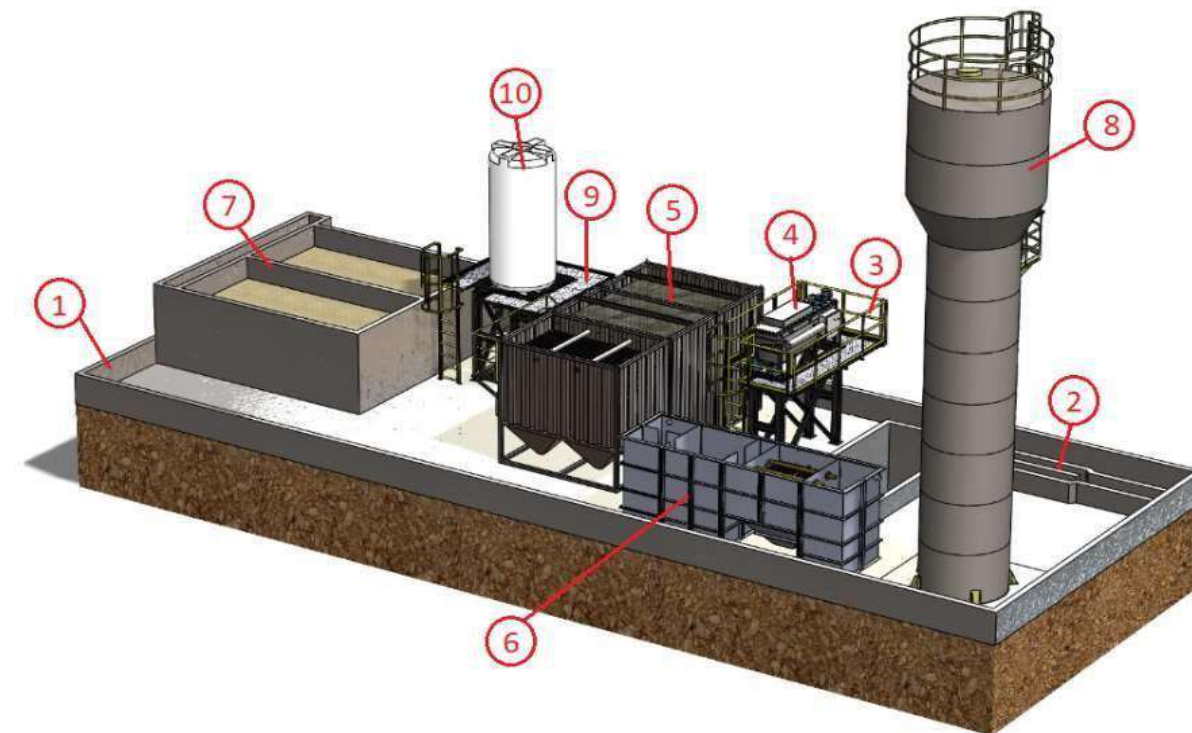
O fluxo hídrico da planta demandará uma estação de tratamento de água para reuso industrial, principalmente para tratar a água removida do RSU durante seu processamento na planta de beneficiamento e a circulação de água do tanque de lavagem dos gases na planta termoquímica. Essa água poderá ser aproveitada na condensação do vapor de saída da turbina]

O sistema de água funciona em modo automático e isento de intervenção humana. Possui bombas de água trabalhando aos pares como back-up. As bombas captam água com rejeitos provenientes do estoque de RSU, do triturador primário, do secador rotativo e do reservatório de água do lavador de gás.

A estação funcionará durante 24 horas, porém no último turno do dia somente suprirá o sistema de lavagem dos gases da planta termoquímica, visto que a planta de beneficiamento só operará durante os dois primeiros turnos. O dimensionamento será validado na engenharia executiva.

Com base nos cálculos de balanço hídrico, são os componentes necessários para operar a planta de tratamento de água:

Figura 121. Estação de Tratamento de Água da UTGE - Reaproveitamento de recursos hídricos dos resíduos



Estação de Tratamento de Água			
ITEM	NOMENCLATURA	ITEM	NOMENCLATURA
1	Baia de contenção de Alvenaria	8	Reservatório de Água e Combate a Incêndio
2	Gradeamento e Caixa de Areia (filtros)	9	Estrutura do Adensador de Lodo
3	Estrutura do Flotador	10	Adensador de Lodo
4	Flotador	11	Dutos e Flanges
5	Sistema de tratamento aeróbico	-	Bombas e motores
6	Reator Físico-Químico	-	Instrumentação, automação
7	Conjunto Leito de Secagem	-	

A princípio, o processo inicia com a filtração, feita para a remoção de sólidos e areia com o viés de proteger as demais unidades de tratamento, os dispositivos de transporte (bombas e tubulações) e os corpos receptores.

A remoção da areia previne, ainda, a ocorrência de abrasão nos equipamentos e tubulações e facilita o transporte dos líquidos. É feita com o uso de gradeamento (médio e fino) que impedem a passagem de trapos, papéis, pedaços de madeira, etc. e caixas de areia, para retenção deste material e retirada posteriormente do material sedimentado de forma manual.

Na sequência, os efluentes seguem para tanque de equalização que tem como finalidade, regular a vazão que deve ser constante nas unidades subsequentes, além de regularizar as vazões o tanque de equalização também homogeneiza o efluente, tornando-o uniforme: pH, temperatura, turbidez, sólidos, DBO, DQO, cor e etc.

Em um processo subsequente, os efluentes passam por uma série de tratamentos para garantir a remoção eficiente de impurezas e cargas orgânicas, além de conferir ao efluente as características desejadas para ser utilizado como água de reuso.

Esses tratamentos incluem a utilização de um flotador, que promove a separação de partículas e materiais indesejáveis, um sistema de tratamento aeróbico, que estimula a atividade microbiana para decompor compostos orgânicos, e um reator físico-químico, onde ocorrem reações químicas específicas para a remoção de contaminantes presentes no efluente.

Dessa forma, por meio desses processos combinados, o efluente é transformado em uma água de qualidade adequada para ser reutilizada de forma segura e sustentável.

Os rejeitos são removidos através de um leito de secagem, com adensador de lodo. Após, a água de reuso resultante é encaminhada para um reservatório tipo taça, a qual através das bombas alimentará todo sistema.

#### 7.7 EMISSÕES

Foram realizados testes de monitoramento e análise de emissões atmosféricas com resultados pertinentes ao uso de Combustível Derivado de Resíduos Sólidos Urbanos (Classe II-A) (CDR-U) na tecnologia de Gaseificação em Leito Fluidizado Circulante utilizada para atingir os fins dispostos neste documento, através de ensaios gerados pela empresa multinacional de inspeção e certificação Société Générale de Surveillance.

Os resultados demonstraram que a rota tecnologia, devido sua própria condi o subestequiométrica, atende seguramente e sem a demanda de filtros os limites

estabelecidos pela resolução CONAMA 316, tornando factível seu licenciamento ambiental no estado da Bahia.

Figura 122. Emissões de gaseificação de CDR-U através de gaseificação em leito fluidizado circulante e limites da CONAMA 316

Amostragem	Parâmetros	Concentrações corrigidas a 7% de O <sub>2</sub> conforme estabelecido na Resolução CONAMA nº 316			Limites de Emissão (valores expressos em mg/Nm <sup>3</sup> , base seca, 7% de O <sub>2</sub> )
		1ª Coleta	2ª Coleta	3ª Coleta	
Material Particulado (MP) e Oxidos de Enxofre (SOx)	Material Particulado (mg/Nm <sup>3</sup> @ 7% O <sub>2</sub> )	45,82	40,10	39,94	70
	Óxidos de Enxofre - SO <sub>x</sub> (SO <sub>2</sub> + SO <sub>3</sub> Expresso como SO <sub>2</sub> ) (mg/Nm <sup>3</sup> @ 7% O <sub>2</sub> )	96,30	103,33	113,40	280
NOx Expresso Como NO <sub>2</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> @ 7% O <sub>2</sub> )	NOx - 1º Balão / 4º Balão / 7º Balão	152,51	125,95	116,56	570
	NOx - 2º Balão / 5º Balão / 8º Balão	179,79	140,83	166,11	
	NOx - 3º Balão / 6º Balão / 9º Balão	51,16	33,41	167,22	
Ácido Clorídrico e Cloro	Cloro mais Ácido Clorídrico Expresso como HCl (mg/Nm <sup>3</sup> @ 7% O <sub>2</sub> )	8,32	9,37	11,86	80
	Cloro mais Ácido Clorídrico Expresso como HCl (kg/h)	0,0029	0,0031	0,0051	1,8 kg/h
Ácido Fluorídrico (HF)	Fluoreto Total (Fs + Fg expresso como HF) (mg/Nm <sup>3</sup> @ 7% O <sub>2</sub> )	4,87	4,31	1,31	5
Hidrocarbonetos Totais HCT	Hidrocarbonetos Totais – HCT (expresso como metano e não metano) (mg/Nm <sup>3</sup> @ 7% O <sub>2</sub> )	2,49	1,49	3,00	-
Material Particulado (MP) e Metais	Material Particulado (mg/Nm <sup>3</sup> a 7% O <sub>2</sub> )	21,20	28,00	48,61	70
	Cd + Hg + Tl (mg/Nm <sup>3</sup> @ 7% O <sub>2</sub> )	0,0054	0,0190	0,0079	0,28
	As + Co + Ni + Te (I) + Se (I) (mg/Nm <sup>3</sup> @ 7% O <sub>2</sub> )	0,01	0,02	0,02	1,4
	Sb + Pb + Cr + Cn (I) + Cu + Sn (I) + Mn + Pt (I) + Pd (I) + Rh (I) + V (mg/Nm <sup>3</sup> @ 7% O <sub>2</sub> )	0,43	0,23	0,21	7,0
D&F	Dioxinas & Furanos (ng/Nm <sup>3</sup> @ 7% O <sub>2</sub> )	0,04	0,01	0,01	0,5 ng/Nm <sup>3</sup>
Monóxido de Carbono	Monóxido de Carbono (ppm @ 7% O <sub>2</sub> )	31,5	5,7	12,3	100 ppm

São, de forma resumida, os principais fatores que atuam para estes resultados:

a) Ambiente Redutor

O processo de gaseificação detém característica subestequiométrica, ou seja, a quantidade de oxigênio que é inserida no reator conjuntamente com o ar atmosférico utilizado como agente gaseificante, somado ao combustível de entrada, está substancialmente abaixo da razão de combustão.

Esta é uma condição indispensável para a produção de gás, uma vez que os hidrocarbonetos que o geram, submetidos as temperaturas de gaseificação, possuem como reação prioritária e espontânea sua oxidação. Por consequência, para que sejam realizadas as reações de craqueamento térmico, as quais rompem as ligação C-C do combustível e originam o gás de síntese, deve-se obter o esgotamento de oxigênio quimicamente disponível, permitindo o início das reações de gaseificação.

O meio químico gerado em ausência de oxigênio reativo remove da equação o reagente necessário para formação de toxinas no reator. Adicionalmente, o ambiente redutor no interior do reator inibe a produção no gás de síntese de compostos que dependem deste elemento, entre eles os óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub> - NO/NO<sub>2</sub>), inclusive aquele derivado do nitrogênio do próprio combustível, por mais que seja baixa concentração elementar do mesmo. Destarte, a formação de alguns poluentes atmosféricos como o NO<sub>x</sub> do combustível é contida ainda durante o processo de gaseificação.

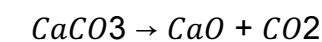
A manutenção da subestequiometria do reator está embarcada na própria lógica de processo, uma vez que o controle da alimentação do combustível derivado de resíduo é executado por meio das leituras de temperatura e pressão no reator, que ocasiona na constante geração de gás.

b) Neutralização de componentes ácidos

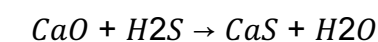
Durante o processo termoquímico, existe a adição de carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub>) e óxido de cálcio (CaO) para neutralização. Como o ambiente de desprendimento destes componentes é anóxico, se torna inibida a formação de oxiácidos usuais como o ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) e o ácido clórico (H<sub>2</sub>ClO<sub>3</sub>) pela ausência de seus reagentes.

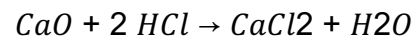
Todavia, o emprego das substâncias neutralizadoras remove a formação de hidrácidos no ambiente redutor, como os compostos sulfeto de hidrogênio (H<sub>2</sub>S) e o ácido clorídrico (HCl) que acarretariam na possível posterior geração de poluentes como, por exemplo, dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) na fase de combustão.

Quando calcário é adicionado ao leito, a primeira reação que ocorre é a calcinação do material, onde o carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub>) perde dióxido de carbono (gasoso) e torna-se óxido de cálcio (CaO) devido ao calor.



A remoção do sulfeto e cloro por calcário ocorre segundo as reações da sequência.





O consumo do agente neutralizante terá uma lógica própria na automação do sistema de gaseificação, onde haverá um analisador online dos níveis de formação de sulfeto de hidrogênio no gás de síntese, o qual atuará no inversor do motor da esteira dosadora de carbonato de cálcio, garantindo a neutralização eficiente, capaz de absorver imediatamente a entrada esporádica de biomassa mais sulfurosa.

Figura 123. Sistema de alimentação de carbonato de cálcio, ao lado de silo de autonomia de areia



Portanto, o sistema detém um silo de autonomia, o qual contém o carbonato de cálcio e o dosa por meio de roscas transportadoras diretamente na esteira que transporta o combustível para o sistema de alimentação do reator.

#### c) Lavagem dos gases

Potencializando os resultados encontrados, cumpre ressaltar a própria natureza do processo de gaseificação do ponto de vista ambiental, onde há a possibilidade de tratar o gás combustível em momento prévio à sua oxidação para geração de energia térmica, outra distinção do processo de incineração, além da característica subestequiométrica.

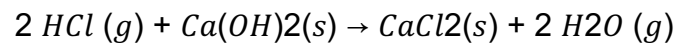
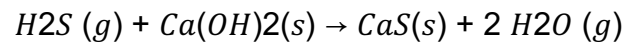
Nestas condições o tratamento do gás ocorre em menor volume relativo àquele equivalente dos produtos de combustão, proporcionando maior controle e facilidade na remoção de impurezas e materiais particulados que por ventura tenham granulometria suficientemente pequena para não retornarem ao leito no ciclone interno do reator.

O tratamento do gás remove material particulado (inclusive fuligem) e com ele metais e compostos orgânicos aderidos à sua superfície, o que também inibe a formação posterior de PCDD/Fs, COVs, SOx e HCl. A geração de dioxinas e furanos também é vedado pelo ambiente redutor e neutralização do cloro.

O gás transita por um sistema de lavagem úmido que é composto por um lavador venturi e um lavador scrubber, os quais removem os particulados extrafinos que ficaram abaixo da granulometria de retenção pelo ciclone ( $\cong 10 \mu\text{m}$ ).

No pulverizador do lavador venturi, o gás passará por um estrangulamento, submetido a uma cortina de água fazendo com que qualquer particulado extrafino se emulsione com a mesma, dosada com óxido de cálcio (CaO), formando hidróxido de cálcio (Ca(OH)<sub>2</sub>), uma base

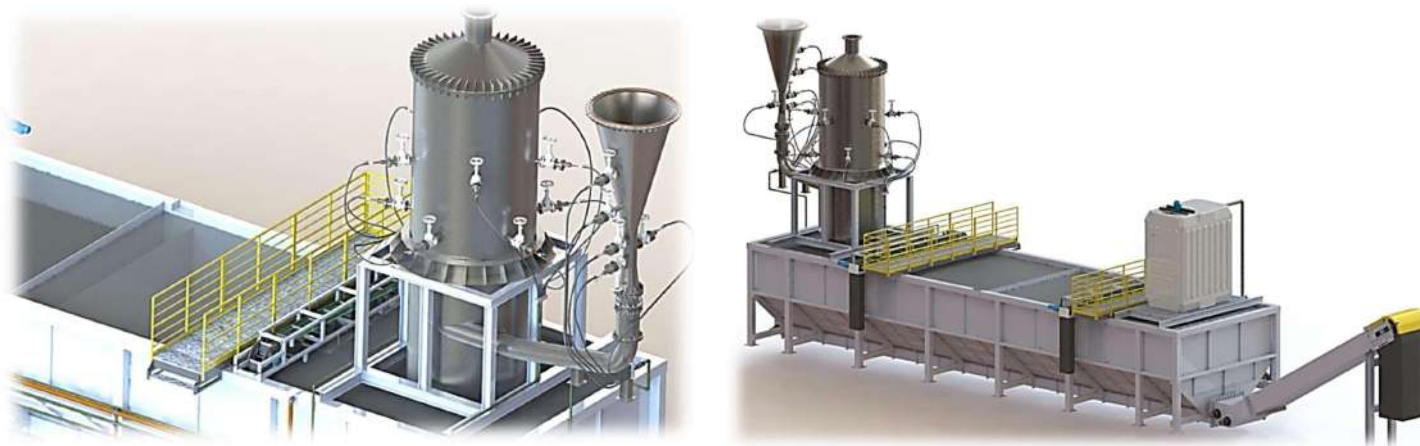
conhecida como cal hidratada que promoverá um sistema redundante para as reações de neutralização.



O gás então será conduzido a um lavador scrubber, removendo sua umidade remanescente e tornando-o apto ao aproveitamento energético.

Á água com particulado e sais precipitados, removida no lavador scrubber, é enviada para um reservatório o qual proporcionará a decantação do particulado grosseiro e suspensão do particulado fino que serão devidamente extraídos pelos raspadores de superfície e por esteira extratora de fundo.

Figura 124. Sistema de lavagem dos gases



#### d) Oxidação do gás de síntese

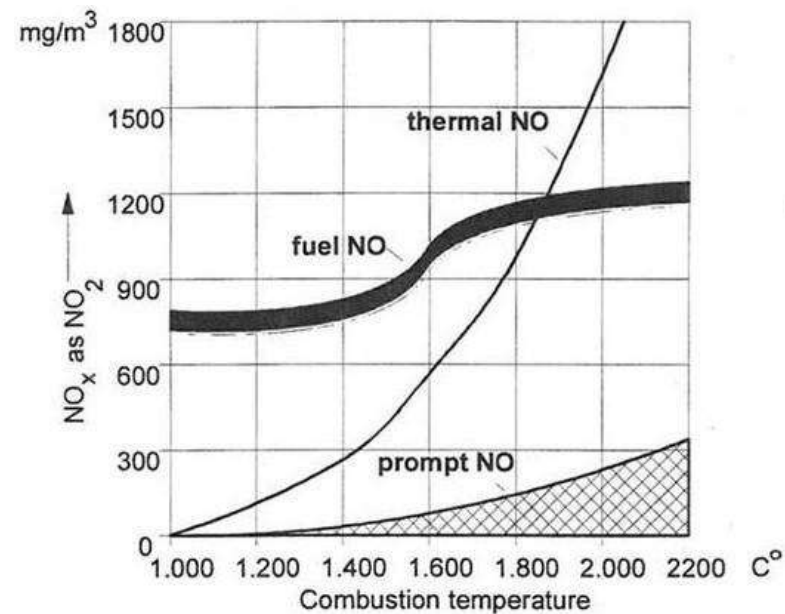
O queimador que será empregado para oxidação do gás de síntese gerado deterá tecnologia tipo Low NOx, com chama estagiada que opera com ar quente vindo do pré aquecedor de ar para melhoria da eficiência de combustão e estabilidade da chama.

Essa configuração permite que a combustão seja realizada sempre com a temperatura ideal para queima do gás, e garante ótimos níveis de confiabilidade e estabilidade do sistema. Vale observar que os resultados obtidos na Tabela 5 NÃO dispunha desta tecnologia, ou seja, é provável que os resultados da planta industrial serão aprimorados.

Observa-se também que os óxidos de nitrogênio não são formados no processo de gaseificação, visto o seu ambiente redutor (ausência de oxigênio quimicamente disponível).

Todavia, tais elementos poderiam ser formados durante a fase de combustão do gás de síntese na caldeira, principalmente por três mecanismos: NOx térmico (thermal) – proveniente do nitrogênio do ar em altas temperaturas, ocorrendo a dissociação do nitrogênio molecular em oxigênio atômico que reagirá com o oxigênio da combustão, sendo a fonte dominante de geração de NOx na maioria dos processos; NOx imediato (prompt) – formado nas reações entre o nitrogênio e hidrocarbonetos, a partir dos radicais formados imediatamente durante o processo de combustão; NOx combustível (fuel) – formado pela oxidação direta de compostos nitrogenados contidos no combustível.

Figura 125. Gráfico de formação de NOx



Neste sentido, vale apontar que há controle de qualquer origem de óxidos de nitrogênio.

Inibição de NOx térmico: devido a constante troca de calor entre a energia gerada nas reações de oxidação do gás de síntese com a água que será convertida em vapor, somado à temperatura adiabática de chama do gás de síntese inferior à do gás natural, a formação de NOx térmico na caldeira pelo mecanismo térmico é inibida, estando o ambiente substancialmente abaixo da temperatura de exponencial formação de NOx. Isto difere da situação encontrada nos resultados atuais, pois ao invés da oxidação da caldeira, o gás é queimado em uma fornalha adiabática, intensificando a possibilidade de geração de poluentes.

Inibição de NOx combustível: o NOx combustível, por sua vez, também não é formado no ambiente da gaseificação uma vez que o nitrogênio presente no gás de síntese advém do ar atmosférico utilizado como agente gaseificante, na forma de N2 como o nitrogênio do ar.

Inibição de NOx imediato: o queimador Low NOx auxiliará no controle da mistura de ar e combustível, criando uma chama distribuída, impedindo falta ou excesso de ar, inibindo a formação de NOx imediato.

#### e) Monitoramento de emissões da planta industrial

A usina será provida de uma chaminé e plataformas de amostragem de efluentes gasosos, com área, equipamentos e acessórios ao trabalho a ser desenvolvido, de forma a permitir a coleta segura das amostras de poluentes de acordo com os métodos exigidos pelo Órgão Ambiental.

A análise dos parâmetros a seguir será efetuada nas instalações da usina, por meio de sistema de monitoramento contínuo devidamente instalado, mantido e calibrado: Material particulado (MP); óxidos de nitrogênio (NOx); monóxido de carbono (CO); ácido clorídrico (HCl); ácido fluorídrico (HF); óxidos de enxofre (SOx); hidrocarbonetos totais (HCT); oxigênio (O2) e teor de água.

Em adendo, os parâmetros de dioxinas e furanos, como também os seguintes metais e seus compostos - Cádmi (Cd), Tál (Tl), Mercúrio (Hg), Chumbo (Pb), Arsênio (As) Cobalto (Co), Níquel (Ni), Crômio (Cr), Manganês (Mn), Antimônio (Sb), Cobre (Cu), Vanádio (V) - serão avaliados em medições periódicas, atendidos os critérios estabelecidos pelo Órgão Ambiental.



As medições para determinar as concentrações destas substâncias serão tomadas em caráter representativo e em plena carga ou carga efetiva. As coletas serão realizadas em triplicatas. Já a periodicidade de amostragem e análise será estabelecida nas exigências apenas à futura Licença de Instalação.

Portanto, o presente documento demonstrará os dispositivos e o conjunto completo de equipamentos previstos para amostrar, acondicionar, analisar e fornecer um registro das emissões através da liberação unificada de matéria e energia por meio da chaminé da caldeira. A análise contínua do teor de água será utilizada para fins de correção em base seca, assim como a análise de oxigênio permitirá o ajuste para as comparações com as concentrações regimentadas pela CONAMA 316.

Além dos parâmetros de emissões, a usina monitorará e registrará continuamente os seguintes parâmetros operacionais do processo de oxidação do gás de síntese na caldeira, sendo: Temperatura; pressão; vazão de ar na chaminé; geração do vapor (fluxo mássico, temperatura e pressão); consumo de resíduos; presença de chama (detector de chama, localizado na câmara de combustão da caldeira) e geração de energia.

A chaminé projetada usina terá plataforma segura, adequada à instalação dos monitores contínuos, bem como ao acesso de pessoal e instalação de equipamentos para a realização dos diversos testes de qualidade descritos neste documento, contendo picagem posicionada para a coleta dos dados de análise periódica, em ponto próximo aos sistemas de analisadores contínuos, porém sem provocar perturbações entre medições.

#### e.1) Equipamentos de Monitoramento

O monitoramento da usina seguirá as condicionantes a serem exigidas nas Licenças de Instalação e Operação, de toda forma já foi previsto o sistema de monitoramento com o viés de cumprir integralmente o disposto nas normas de referência com a melhor tecnologia prática disponível.

Serão monitoradas as emissões atmosféricas do processo, integralmente concentradas na chaminé da caldeira, através de Sistemas de Monitoramento Contínuo de Emissões (CEMS) somado a análises periódicas dos parâmetros conforme destacado no capítulo retro, reiterado nas listagens na sequência.

O sistema contínuo contemplará os parâmetros listados na sequência:

- Temperatura;
- Pressão;
- Umidade;
- Oxigênio;
- Vazão de ar;
- Concentração de Material Particulado;
- Concentração de Óxidos de Nitrogênio;
- Concentração de Óxidos de Enxofre;
- Concentração de Ácido Clorídrico;
- Concentração de Ácido Fluorídrico;

- Concentração de HCT;
- Concentração de CO.

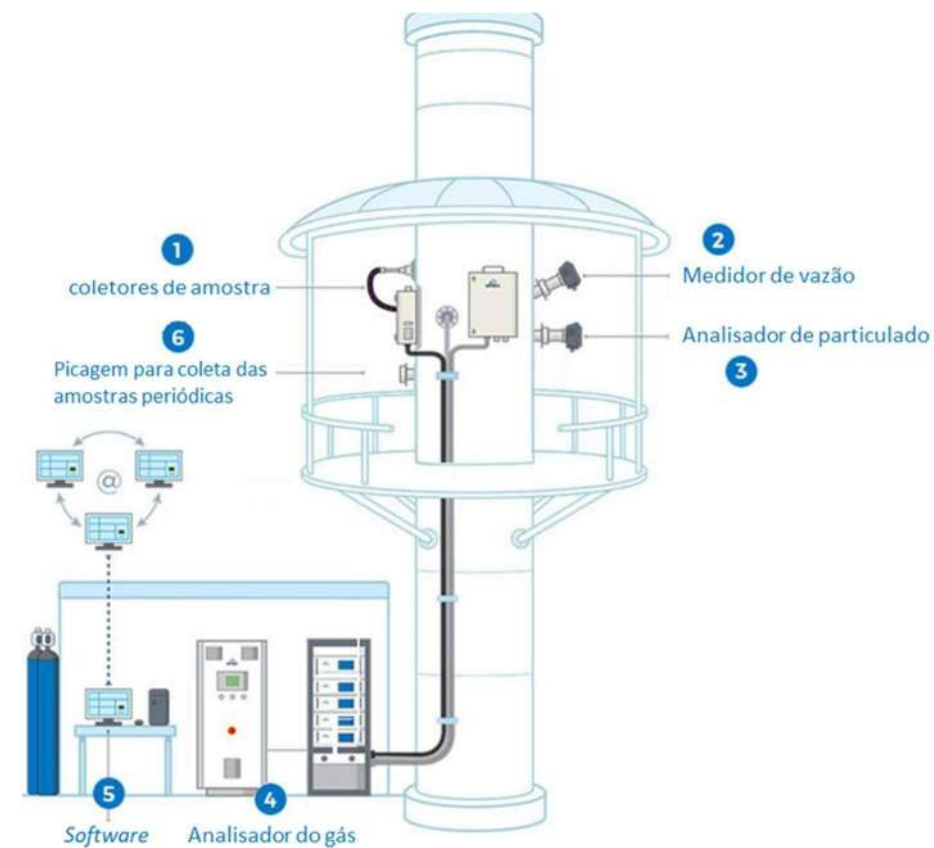
Será adotado um programa de verificação periódica dos parâmetros de monitoramento, calibração e manutenção preventiva dos monitores contínuos de gases, de modo a assegurar a qualidade dos dados medidos.

Além destes, serão ser monitorados, periodicamente, os parâmetros:

- Dioxinas e Furanos;
- Mercúrio e seus compostos;
- Cádmio e seus compostos;
- Tálcio e seus compostos;
- Chumbo e seus compostos;
- Arsênio e seus compostos;
- Cobalto e seus compostos;
- Níquel e seus compostos;
- Cromo e seus compostos;
- Manganês e seus compostos;
- Antimônio e seus compostos;
- Cobre e seus compostos;
- Vanádio e seus compostos.

Portanto, a chaminé de exaustão dos gases de combustão contará com um mecanismo de captação e Sistemas de Monitoramento Contínuo de Emissões (CEMS) através de análises in situ e extrativo da chaminé.

Figura 126. Modelo de CEMS



O projeto contempla um sistema de intertravamento, conectado ao monitoramento dos parâmetros de processo e emissão de poluentes, atendendo plenamente as normas aplicáveis para a interrupção da alimentação de resíduos em caso de não atendimento aos padrões operacionais além do limite para adequação, gerando um trip da planta.

A implementação do intertravamento ocorrerá através de um sistema de controle centralizado, dedicado, com uma central de Controle Lógico Programável (CLP), com o intertravamento embarcado. Este CLP será responsável por garantir a segurança operacional da planta, com lógica de segurança independente de interferência humana.

A unidade terá um sistema supervisorio instalado em uma estação de trabalho, a partir da qual todos os alarmes e status gerados no processo serão monitorados e atendidos. O sistema de intertravamento irá operar com o auxílio de válvulas de controle de pressão auto operadas, sistema de inertização de linha com saída para flare, além de selo hidráulico após o tratamento dos gases.

O monitoramento de material particulado será executado por analisador in situ de sistema ótico de medição que trabalha de acordo com o princípio da medição da luz difusa (dispersão reversa). Um diodo de laser ilumina as partículas de pó no fluxo de gás com luz modulada na faixa visível. Um detector de elevada sensibilidade capta a luz dispersada pelas partículas, amplificada eletricamente e direcionada para o canal de medição de um microprocessador, o qual constitui a parte central da eletrônica de medição, controle e avaliação. O volume de medição na tubulação de gás é definido pela intersecção do feixe de emissão e do ângulo de abertura do receptor. O monitoramento contínuo da potência de emissão capta alterações mínimas de luminosidade do feixe de luz emitido e considera as mesmas na determinação do sinal de medição.

Um receptor de controle adicional impede que o valor medido seja influenciado por luz de fundo e luz ambiente. Este receptor é ajustado de tal maneira que as superfícies de projeção do receptor de medição e do receptor de controle estejam uma acima da outra na parede

oposta da tubulação. O sinal medido pelo receptor de controle (que resulta da luz de fundo e da luz ambiente) é subtraído do sinal medido pelo receptor de medição.

A intensidade de luz difusa medida é proporcional à concentração de particulado. Dado que a intensidade de luz difusa não depende apenas do número e tamanho das partículas, mas também das suas propriedades ópticas, o sistema de medição precisa ser calibrado com uma medição gravimétrica comparativa para obter uma medição exata da concentração de particulado.

Figura 127. Modelo de analisador de particulado - Referência: Dusthunter SB, empresa Sick



Para a análise de óxidos de nitrogênio, óxidos de enxofre, ácido clorídrico, ácido fluorídrico, hidrocarbonetos totais e monóxido de carbono, está previsto um analisador multigas. Com desenvolvimento específico para Sistemas de Monitoramento Contínuo de Emissões (CEMS), é um equipamento compacto e analisador de baixa extração, contendo precisão e alta performance nos resultados.

Detém resposta rápida (menos de 40 ms), extrai gás de combustão pela chaminé usando o tubo de amostragem de gás. Após a filtragem, o gás de combustão é conduzido para o dispositivo de medição para análise (extrativo quente).

O sistema de funcionamento é através do princípio de fotômetro infravermelho correlativo de feixe único com filtro de gás, o que elimina interferências entre os compostos a serem analisados e, conseqüentemente, permite sintonia fina, exatidão e repetitividade na medição.

Também há um banco óptico que inclui uma célula de gás de baixo volume com espelhos de correção.

A leitura de oxigênio é realizada através de um sensor paramagnético incorporado na estrutura do analisador e é integrada no software que compila as leituras e cálculos de concentração de todos os compostos de forma simultânea.

Figura 128. Modelo de analisador multigás - Referências: Multigás IR-GFC, empresa Envea e MCS200HW, empresa Sick



O analisador de gás pode incorporar entradas externas de vazão, temperatura e pressão, integrando as mesmas em seu display e software. Inobstante isto, também podem ser realizadas as leituras de vazão e temperatura in situ, através de monitor ultrassônico de fluxo de gás e temperatura, o qual mede os tempos de trânsito de ondas ultrassônicas emitidas através da corrente gasosa para determinar as características do fluxo.

Serão utilizados dois transdutores, em lados opostos do duto, apontados um para o outro, com montagem diagonal em sentido a jusante da corrente gasosa. Ambos atuam alternadamente como transmissores e receptores, com ondas supersônicas passando através do centro comum. Isto permite com que a medição seja feita através da linha média das emissões supersônicas, pois quando as mesmas passam pela corrente gasosa, o tempo requerido para atravessar a distância reduz quando em sentido concorrente e aumenta quando contracorrente.

Quando não há fluxo gasoso, o tempo de emissão e recepção entre transdutores é igual. Portanto a medição depende exclusivamente do tempo de trânsito. A diferença de tempo entre a passagem concorrente e contracorrente é diretamente proporcional a velocidade da corrente gasosa, independente de temperatura, densidade, viscosidade, composição ou presença de material particulado. Com isto, é verificada a velocidade da corrente, de onde se calcula a vazão.

Conhecendo o tempo preciso para a transmissão e recepção das ondas supersônicas, é possível calcular a velocidade do som no meio da corrente gasosa. A influência da temperatura na velocidade do som em um meio é conhecida. Por consequência, a temperatura é medida diretamente da determinação da velocidade do som.

Figura 129. Monitor ultrassônico de fluxo de gás e temperatura

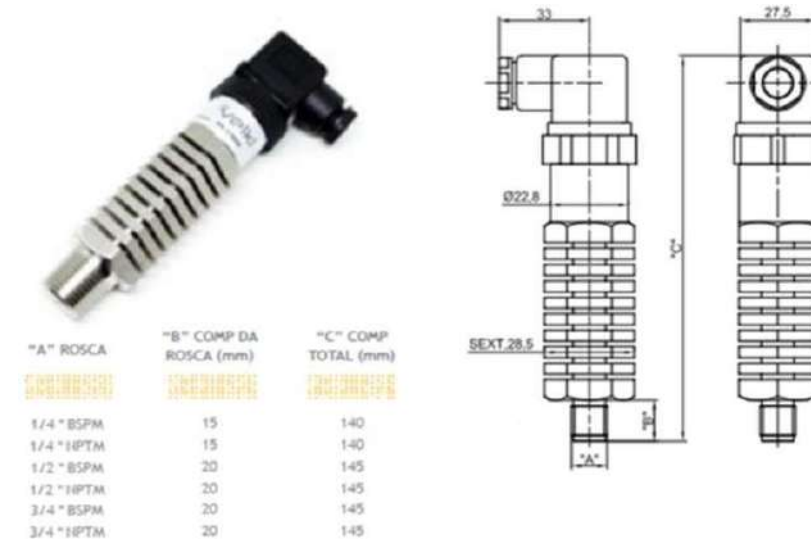


Adicionalmente, tanto o analisador de gases quanto o monitor de vazão e temperatura permitirão a inserção de um transdutor de pressão, por exemplo do tipo piezorresistivo que realiza a aferição da pressão através de um diafragma.

O mesmo entrará em contato direto com as emissões da chaminé da caldeira, conforme a mesma varia, o diafragma é pressionado com intensidade proporcional e um pequeno sensor localizado na parte interna do mesmo converte essa variação de pressão em uma variação de resistência elétrica equivalente.

Assim, um pequeno circuito eletrônico transforma essa informação em um sinal de corrente compatível com os dispositivos de automação responsáveis pela sua leitura.

Figura 130. Modelo de Transdutor de Pressão - Referência: VKP-027, empresa Velki



Para compilar os dados coletados, o sistema de monitoramento terá um programa desenvolvido para sistemas operacionais e oferecerá um elevado nível operacional e de proteção de dados além de permitir a personalização de sua interface de exibição de dados.

Serão disponibilizadas informações para o órgão ambiental bem como valores calculados e seus devidos limites e históricos de configurações. Possuirá seus dados armazenados em seu próprio disco rígido e com outro disco em back-up para maior segurança.

Figura 131. Modelo de dados apresentados pelo software – Referência: MEAC2000 EU, fabricante SICK



O fechamento dos equipamentos a serem adquiridos será realizado durante a fase de suprimentos, levando em consideração os quesitos de precisão, confiabilidade e preço, sem embargo do cumprimento de todas as exigências expressas nas normativas pertinentes.

A metodologia que será empregada para a amostragem de Dioxinas e Furanos em fontes estacionárias está descrita no método US EPA 23. Os efluentes gasosos são coletados isocineticamente, empregando-se cartucho de resina XAD-2 com material adsorvente. No laboratório, as amostras, compostas por cartucho de resina XAD-2, filtro de amostragem e soluções de lavagem de sonda e vidrarias (sendo os solventes utilizados na lavagem: acetona, cloreto de metila e tolueno), são fortificadas com padrões isotópicos  $^{13}\text{C}$  e posteriormente extraídas com tolueno / hexano.

O extrato é concentrado, tratado e finalmente analisado por Cromatografia Gasosa acoplada à Espectrometria de Massa de Alta Resolução (CG/EM).

Dioxinas (dibenzo-para-dioxinas policloradas - PCDDs) e Furanos (dibenzofuranos policlorados - PCDFs) são abreviações utilizadas para descrever uma família de 210 compostos aromáticos tricíclicos, contendo dois (dioxinas) ou um (furanos) átomo de oxigênio.

Cada uma dessas estruturas representa um conjunto de compostos que podem ter de um a oito átomos de cloro ligados aos anéis aromáticos, possibilitando a origem de uma série de isômeros, sendo 75 para as dioxinas e 135 para os furanos.

Os isômeros com substituições de cloro na posição 2, 3, 7 e 8 são de interesse especial devido à sua toxicidade, estabilidade e persistência. Dos 210 compostos de dioxinas e furanos existentes, 17 compostos destacam-se sob o ponto de vista toxicológico.

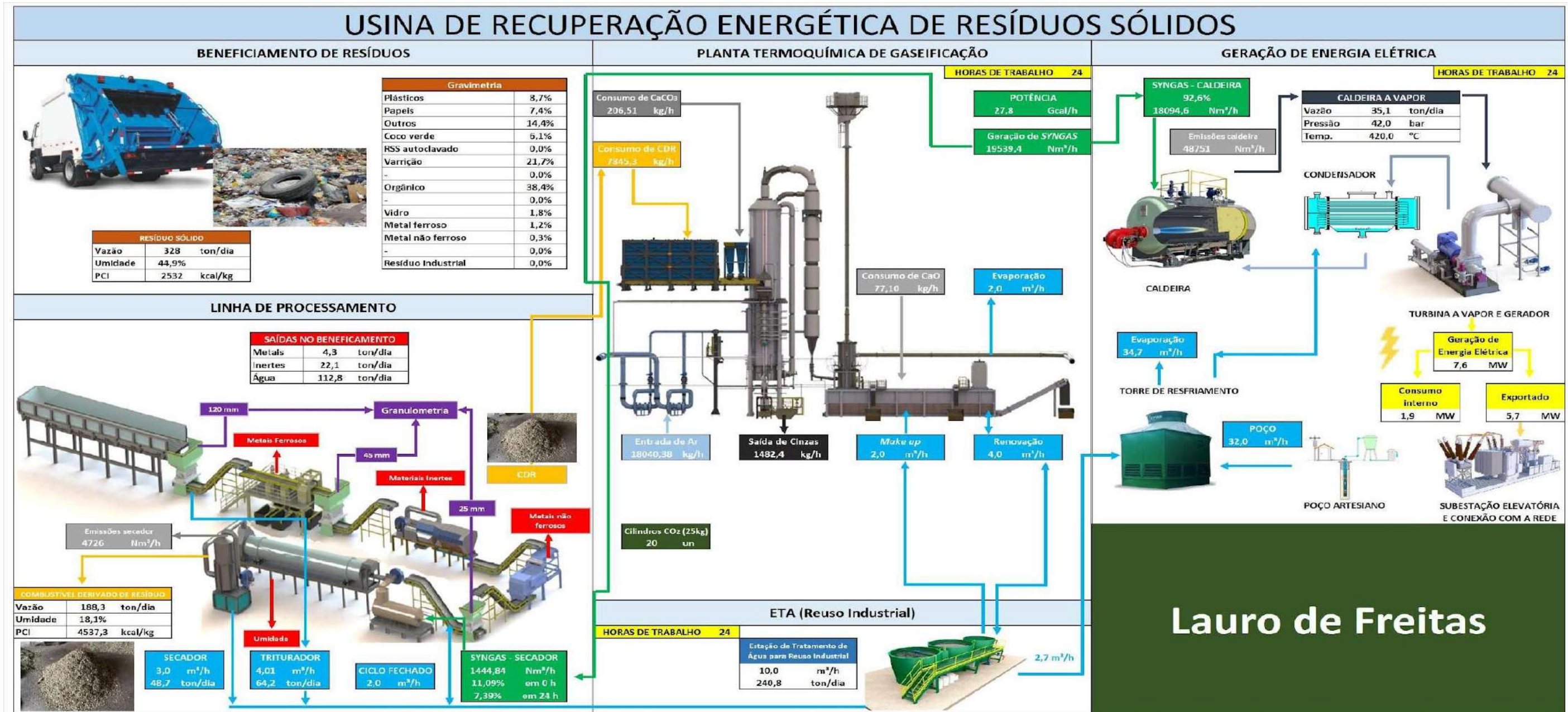
A toxicidade aguda mais elevada é a da 2,3,7,8-tetraclorodibenzo-p-dioxina (2,3,7,8-TCDD). Foi desenvolvido o Fator de Toxicidade Equivalente (TEF), presente na resolução SMA 79, para comparar a toxicidade individual de cada isômero a da 2,3,7,8-TCDD.

Esta comparação é baseada no pressuposto de que dioxinas e compostos similares agem do mesmo modo. O TEF para a 2,3,7,8-TCDD é definido como 1. Toxicidade Equivalente (TEQ) é utilizada para avaliar o risco de exposição a uma mistura dos compostos com dioxinas e furanos. Assim, cada composto ( $C_i$ ) deve ter sua participação absoluta multiplicada pelo fator de equivalência (TEF), e a soma desses valores para todos os PCDDs e PCDFs presentes resultará na toxicidade total relativa ao 2,3,7,8-TCDD – TEQ.

- 7.7 FLUXOGRAMA

De acordo com todos os principais dados, foi executado o fluxograma didático disposto a seguir, com o principal viés de quantificar as principais entradas e saídas de cada fase do processo.

Figura 132. Fluxograma





## ○ 7.8 BALANÇO DE MASSA

### 7.8.1 RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Fazendo uma breve análise dos resíduos que foram usados para a aplicação do estudo, percebe-se uma grande quantidade de material orgânico, que possui alto teor de umidade e influencia negativamente nos resultados do poder calorífico.

Ao final das etapas de cálculo, foi estimado em 4,0 MJ/kg o poder calorífico inferior (PCI) do resíduo. Comparando esse resultado com valor médio obtido em trabalho relacionado à área, 6.0 MJ/kg (Bilitewski et al., 1997), temos que ele se encontra pouco abaixo, mas ainda dentro do esperado.

Avaliando a contribuição de cada material para o resultado exposto acima, temos que a matéria orgânica é o componente que tem a maior influência no poder calorífico do resíduo.

Com o aumento da segregação de matéria orgânica, o poder calorífico do combustível aumenta de maneira significativa. Esta variação deve-se tanto a grande umidade deste material, que naturalmente prejudica o processo de obtenção de energia, como também ao fato de que este se apresenta em quantidade bastante superior aos demais resíduos.

Seguindo com a análise, é possível considerar o papel e o plástico como os componentes de maior influência positiva para a geração de energia uma vez que a segregação deles, causa grande diminuição do poder calorífico do combustível. A separação dos demais

componentes não gerou grande variação no processo, resultado que também pode ser atribuído ao fato de que eles se encontram em pequenas quantidades.

## ○ 7.9 RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÕES E RESÍDUOS VERDES

Segundo o Ministério do Meio Ambiente - Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano (MMA-SRHU, 2010), a geração dos Resíduos de Construção e Demolição (RCD) nas cidades brasileiras vem crescendo significativamente nos últimos tempos. São resíduos provenientes da construção da infraestrutura urbana, de responsabilidade do poder público e, principalmente, da ação da iniciativa privada na construção de novas edificações, nas ampliações e reformas de edificações existentes e sua demolição.

Os principais responsáveis pela geração de volumes significativos que devem ser considerados são:

- Executores de reformas, ampliações e demolições - atividade que, raramente, é formalizada com a aprovação de plantas e solicitação de alvarás, mas que, no conjunto, consiste na fonte principal desses resíduos;
- Construtores de edificações novas, térreas ou de múltiplos pavimentos - com áreas de construção superiores a 300 m<sup>2</sup>, cujas atividades quase sempre são formalizadas;
- Construtores de novas residências individuais, tanto aquelas de maior porte, em geral formalizadas, quanto as pequenas residências de periferia, quase sempre auto-construídas e informais.

O PMGIRS descreve que, segundo a SESP de Lauro de Freitas, os RCD coletados das obras realizadas no município correspondem a 75% do montante gerado. Ainda com relação ao

abarcado pela coleta, os RCD são coletados uma parte isoladamente e outra parcela a coleta é realizada em conjunto com os Resíduos Verdes (RV).

Na solução proposta, deverão ser separados os RCD dos RV, já que as suas propriedades exigem destinações diferenciadas.

Segundo o PMGIRS as quantidades praticamente se equivalem, ou seja, consideramos que dos resíduos coletados em forma misturada 50% são RSD e 50% são RV.

Os RV, por possuírem poder calorífico, serão convertidos em CDR para alimentação do gaseificador e, conseqüentemente, geração de energia.

Os RCD serão triturados e terão como subproduto o pó de pedra reciclado, que será comercializado pela concessionária.

A concessionária deverá adquirir um triturador compatível para RCC e RCD, com capacidade de 15 toneladas/hora, além de uma carregadeira de pneus para rocha com capacidade de 2,5 m<sup>3</sup> de 105 kW.

- 7.10 RESÍDUOS SÓLIDOS DA SAÚDE

A classificação adotada para Resíduos dos Serviços de Saúde tem como referência a Resolução ANVISA nº 306, de 7 de dezembro de 2004, e a Resolução CONAMA nº 358, de 29 de Abril de 2005.

Estes resíduos são tipificados de Classe A e Classe E. A observação de estabelecimentos de serviços de saúde tem demonstrado que, tipicamente, os de Classe A (infecto contagioso e membros ou peças anatômicas), classe B (químicos), Classe C (radioativos) e Classe E (perfuro cortantes) são, no conjunto, 25% do volume total e os de Classe D (resíduos recicláveis, como as embalagens) são 75% do volume.

Segundo o PMGIRS, em 2019 existiam 34 estabelecimentos públicos de saúde em Lauro de Freitas, sendo que os serviços de coleta, transporte, tratamento e destinação final são realizados através de empresa terceirizada pela Administração Pública.

Os RSS deverão chegar ao destino final já descontaminados para se misturarem aos resíduos que seguem para as plantas da URE/UTGE.

- 7.11 ÁREAS E LAYOUT

Para que sistema tenha capacidade de absorver a quantidade de lixo diária gerada em Lauro de Freitas será necessária uma área de 2 (dois) hectares, sendo 1,5 (um e meio) hectare para construção das edificações para as plantas da URE/UTGE e 0,5 (meio) hectare para armazenamento provisório das cinzas inertes e área de manobra.

A área a ser implantada a usina de recuperação energética deve ser preferencialmente plana, ter características que viabilizem a obtenção das licenças ambientais e ter razoável proximidade com rede de distribuição de energia da concessionária local.

A escolha da área, apesar de ser uma prerrogativa da empresa vencedora da licitação, deverá ser realizada conforme aprovação da Prefeitura Municipal de Lauro de Freitas.

Foram realizadas pesquisas imobiliárias no município de Lauro de Freitas para sugestões de áreas com características compatíveis com o projeto de implantação da usina de recuperação energética projetada.

A seguir estão apresentadas as sugestões de áreas:

- ÁREA 1: localizado na Estrada do Quingoma, com área total de 54.597,10 m<sup>2</sup>, sendo 31.687,54 m<sup>2</sup> em área plana.
- ÁREA 2: localizada na Av. Santo Amaro de Ipitanga, Bairro Quingoma, com vários lotes de áreas totais entre 20.222,27 m<sup>2</sup> e 34.214,06 m<sup>2</sup>.

A empresa vencedora da licitação será responsável pela elaboração dos projetos executivos e demais detalhamentos.

A seguir está apresentado o layout (figura 134) com disposição das plantas que compõe a URE/UTGE e, na sequência, sugestões de áreas para implantação com as seguintes características:



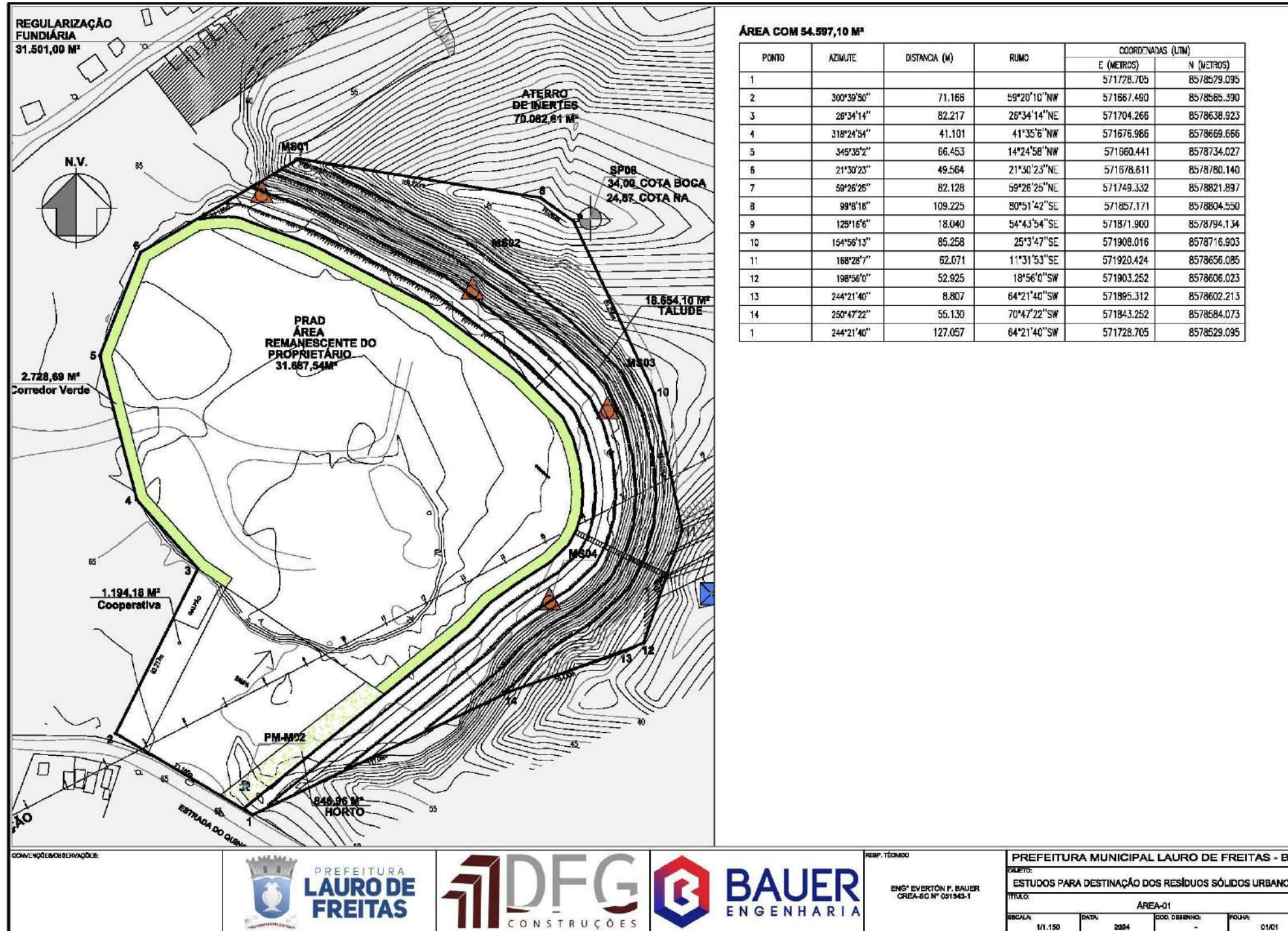


Figura 134.



Figura 135.

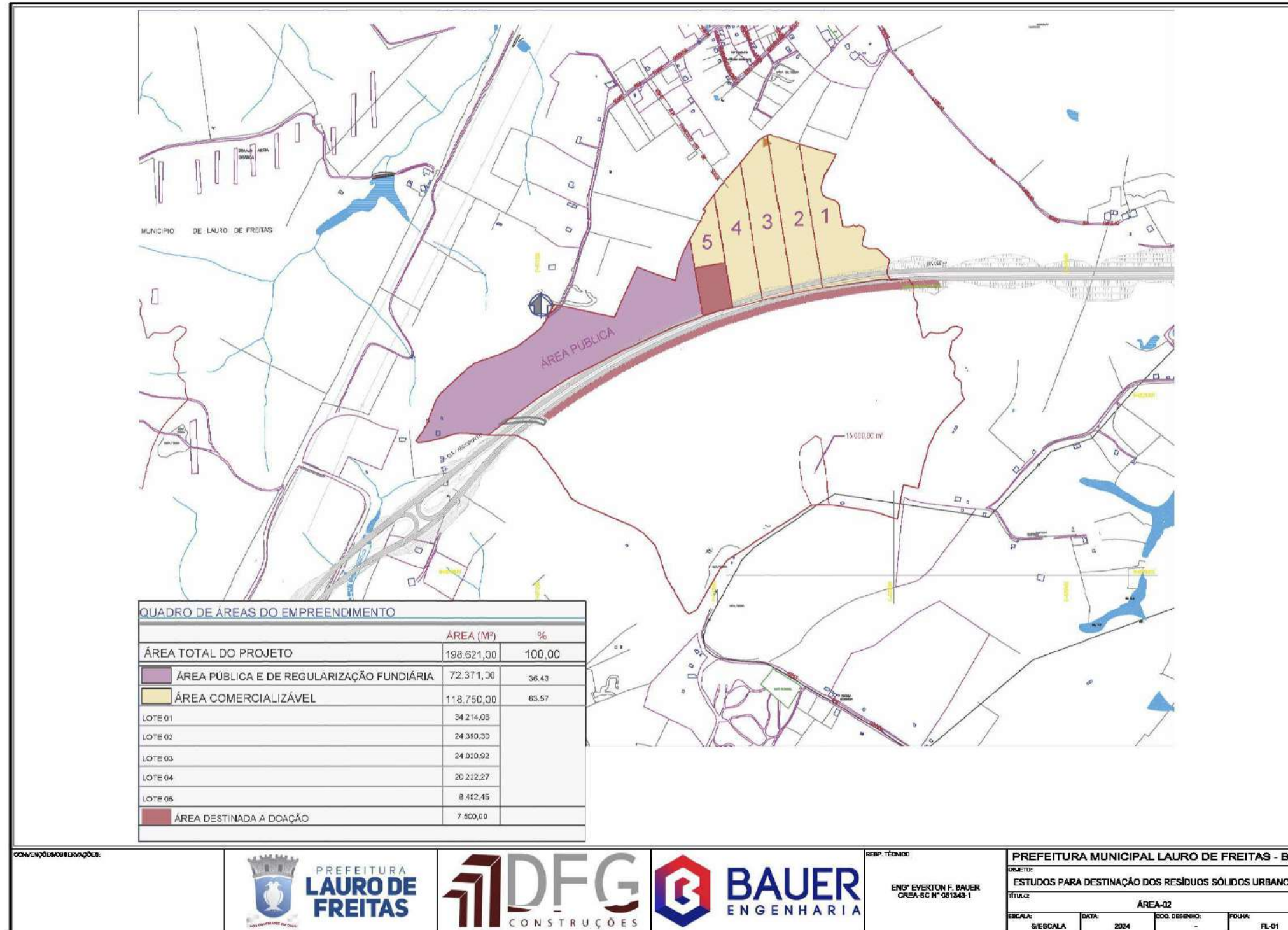


Figura 136.

## ○ 7.12 PROJETO DE ENGENHARIA

Na área de implantação da usina de recuperação energética serão realizadas diversas obras de infraestrutura e edificações conforme projeto básico de engenharia apresentado na sequência, que deverá ser detalhado pela concessionária vencedora do processo licitatório, com a elaboração dos projetos executivos de acordo com a área definitiva de implantação.

### 7.12.1 TERRAPLENAGEM

Na terraplenagem estão previstos serviços de escavações e aterros considerando uma área de 20.000 metros quadrados e altura média de 1,50 metros para planificação da área. Sugere-se um empolamento de 25% para compactação das camadas de aterro. Como locais para deposição de bota-fora ou jazidas de solos foram considerados uma distância média de transportes de 10km.

Todas as obras deverão ser executadas em conformidade às normas de órgãos rodoviários federal, estadual e municipal.

### 7.12.2 DRENAGEM

Obras de drenagem são caracterizadas pelo conjunto de dispositivos indispensáveis à preservação da plataforma de terraplenagem através da captação das águas superficiais e encaminhamento para redes mais próximas.

A execução dos dispositivos de drenagem constitui elementos fundamentais para a qualidade final das obras de infraestrutura, para a estabilidade de taludes de corte e aterro e da própria área.

Foram previstos os seguintes dispositivos de drenagem, considerando uma área de 20.000 metros quadrados:

- Meios-fios;
- Bueiros de Concreto;
- Canaletas;
- Caixas Coletoras.

Todas as obras deverão ser executadas em conformidade às normas de órgãos rodoviários federal, estadual e municipal.

### 7.12.3 PAVIMENTAÇÃO

Obras de pavimentação serão necessárias ao acesso da área, tanto para os funcionários e visitantes da UTGE, mas principalmente para os caminhões que transportam os resíduos.

Será executada uma via de 8,00m de largura, ou seja, 2 (duas) pistas com larguras de 4,00m cada, com sub-base de macadame seco de espessura 20cm, base de brita graduada com espessura 17cm e revestimento de concreto asfáltico com espessura 10cm.



Em ambos os lados deverão ser executadas calçadas em concreto armado com larguras de 2,50m cada e 8cm de espessura, executadas sobre lastro de brita de 5cm de espessura.

#### 7.12.4 OBRAS COMPLEMENTARES

Obras complementares referem-se aos muros blocos de concreto de 2,10m de altura ao redor de toda área, além dos serviços de plantio de gramas e árvores.

#### 7.12.5 OBRAS DAS EDIFICAÇÕES

Deverá ser executado um galpão com cobertura metálica com área de 5.000 m<sup>2</sup>, sala de operações com área de 120 m<sup>2</sup>, e demais obras civis para acessos, pisos, fundações, e fechamentos, com orçamento estimado e apresentado no CAPEX.

As cotações dessas obras, bem como demais equipamentos, foram realizadas junto a empresa Carbogas Energia.

Figura 137. Obras e edificações

TERRAPLENAGEM							
Infraestrutura	Limpeza mecanizada de camada vegetal, vegetação e pequenas árvores (diâmetro de tronco menor que 0,20 m), com trator de esteiras. Af_05/2018	m <sup>2</sup>	20.000	R\$	0,53	R\$ 10.500,00	SINAPI - 98525
Infraestrutura	Escavação mecanizada de vala com prof. Até 1,5 m (média montante e jusante/uma composição por trecho), escavadeira (0,8 m <sup>3</sup> ), larg. De 1,5 m a 2,5 m, em solo de 1a categoria, em locais com alto nível de interferência. Af_02/2021	m <sup>3</sup>	30.000	R\$	14,96	R\$ 448.875,00	SINAPI - 90082
Infraestrutura	Compactação de aterros com solo predominante argiloso	m <sup>3</sup>	37.500	R\$	16,70	R\$ 626.250,00	SINAPI - 96385
Infraestrutura	Transporte com caminhão basculante de 10 m <sup>3</sup> , em via urbana pavimentada, adicional para dmt excedente a 10 km (unidade: m <sup>3</sup> xkm). Af_07/2020	m <sup>3</sup> xkm	105.000	R\$	1,20	R\$ 126.000,00	SINAPI - 93590
				<b>Subtotal</b>	<b>R\$</b>	<b>1.211.625,00</b>	
DRENAGEM							
Infraestrutura	Escavação manual de vala com profundidade menor ou igual a 1,30 m. Af_02/2021	m <sup>3</sup>	1.200	R\$	110,26	R\$ 132.315,00	SINAPI - 93358
Infraestrutura	Reaterro manual de valas com compactação mecanizada. Af_04/2016	m <sup>3</sup>	800	R\$	35,54	R\$ 28.430,00	SINAPI - 93382
Infraestrutura	Guia (meio-fio) concreto, moldado in loco em trecho reto com extrusora - 15x30 cm	m	200	R\$	59,13	R\$ 11.825,00	SINAPI - 94265
Infraestrutura	Caixa de ligação e passagem - CL P_01 - areia e brita comerciais	un	15	R\$	1.458,98	R\$ 21.884,63	SINAPI - 97933
Infraestrutura	Execução de canaleta de concreto moldado in loco, espessura de 0,08m, geometria trapezoidal	m	340	R\$	135,98	R\$ 46.231,50	SINAPI - 102997
Infraestrutura	Caixa para boca de lobo combinada com grelha retangular em alvenaria com blocos de concreto	un	6	R\$	3.051,55	R\$ 18.309,30	SINAPI - 97961
Infraestrutura	Tubo de concreto para redes coletoras de águas pluviais, diâmetro de 800 mm, junta rígida, instalado em local com baixo nível de interferências - fornecimento e assentamento. Af_12/2015	m	550	R\$	669,55	R\$ 368.252,50	SINAPI - 92214
Infraestrutura	Lastro com material granular (brita 1 e 2)	m <sup>3</sup>	80	R\$	203,16	R\$ 16.253,00	SINAPI - 100324
Infraestrutura	Transporte com caminhão basculante de 10 m <sup>3</sup> , em via urbana pavimentada, adicional para dmt excedente a 10 km (unidade: m <sup>3</sup> xkm). Af_07/2020	m <sup>3</sup> xkm	8.000	R\$	1,20	R\$ 9.600,00	SINAPI - 93590
				<b>Subtotal</b>	<b>R\$</b>	<b>653.100,93</b>	
PAVIMENTAÇÃO							
Infraestrutura	Regularização e compactação de subleito - predominantemente argiloso	m <sup>2</sup>	800	R\$	3,68	R\$ 2.940,00	SINAPI - 100576
Infraestrutura	Execução e compactação de sub base para pavimentação de macadame seco	m <sup>3</sup>	160	R\$	164,13	R\$ 26.260,00	SINAPI - 96399
Infraestrutura	Execução e compactação de base para pavimentação de brita graduada simples	m <sup>3</sup>	136	R\$	239,06	R\$ 32.512,50	SINAPI - 96396
Infraestrutura	Execução de imprimação com emulsão asfáltica	m <sup>2</sup>	800	R\$	0,50	R\$ 400,00	SICRO - 4011352
Infraestrutura	Pintura de ligação	m <sup>2</sup>	1.600	R\$	0,35	R\$ 560,00	SICRO - 4011353
Infraestrutura	Emulsão asfáltica para serviço de imprimação	T	1	R\$	4.270,10	R\$ 4.270,10	CBAA - ASFALTOS LTDA
Infraestrutura	Emulsão asfáltica RR-2C	T	1	R\$	4.270,10	R\$ 4.270,10	CBAA - ASFALTOS LTDA
Infraestrutura	Execução de pavimento com aplicação de concreto asfáltico, camada de rolamento	m <sup>3</sup>	80	R\$	1.827,50	R\$ 146.200,00	SINAPI - 95995
Infraestrutura	CAP 50/70	T	12	R\$	5.321,41	R\$ 63.856,92	CBAA - ASFALTOS LTDA
Infraestrutura	Carga, manobra e descarga de material granular, com caminhão basculante 10 m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	296	R\$	11,18	R\$ 3.307,80	SINAPI - 100974
Infraestrutura	Carga de mistura asfáltica, com caminhão basculante 10 m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	80	R\$	11,23	R\$ 898,00	SINAPI - 100986
Infraestrutura	Transporte com caminhão basculante 10 m <sup>3</sup> em rodovia pavimentada - DMT 3 km	m <sup>3</sup> xkm	1.128	R\$	1,20	R\$ 1.353,60	SINAPI - 93590
Infraestrutura	Transporte de produtos asfálticos - caminhão tanque 30000 litros - DMT 110 KM	Txkm	1.540	R\$	0,68	R\$ 1.039,50	SINAPI - 102331
Infraestrutura	Execução de pavimento de concreto amado fck=30Mpa, espessura d e 15cm	m <sup>2</sup>	400	R\$	290,48	R\$ 116.190,00	SINAPI - 97111
Infraestrutura	Calçada em concreto moldada in loco, usinado, acabamento convencional, espessura 8cm, armado	m <sup>2</sup>	500	R\$	109,30	R\$ 54.650,00	SINAPI - 94995
Infraestrutura	Lastro com material granular (brita 1 e 2)	m <sup>3</sup>	25	R\$	203,16	R\$ 5.079,06	SINAPI - 100324
Infraestrutura	Transporte com caminhão basculante 10 m <sup>3</sup> em rodovia pavimentada - DMT 3 km	m <sup>3</sup> xkm	375	R\$	1,20	R\$ 450,00	SINAPI - 93590
				<b>Subtotal</b>	<b>R\$</b>	<b>464.237,58</b>	
OBRAS COMPLEMENTARES							
Infraestrutura	Muro - Alvenaria de blocos de concreto estrutural 14x19x29cm, fck=14mpa	m <sup>2</sup>	987	R\$	169,41	R\$ 167.210,14	SINAPI - 89480
Infraestrutura	Aplicação manual de pintura com tinta acrílica em paredes externas	m <sup>2</sup>	1.974	R\$	24,53	R\$ 48.412,35	SINAPI - 88423
Infraestrutura	Plantio de grama esmeralda ou são carlos ou curitibana, em placas	m <sup>2</sup>	5.000	R\$	22,66	R\$ 113.312,50	SINAPI - 103946
Infraestrutura	Plantio de Palmeira com altura de muda menor ou igual a 2,0m	un	30	R\$	520,18	R\$ 15.605,25	SINAPI - 98511
Infraestrutura	Plantio de Árvore Ornamental	un	30	R\$	213,94	R\$ 6.418,13	SINAPI - 98516
				<b>Subtotal</b>	<b>R\$</b>	<b>350.958,36</b>	

# ECONÔMICO

# FINANCEIRO

## 8.0 ECONÔMICO FINANCEIRO

Como alternativa à situação atual foi realizado o presente estudo, que atende ao previsto no art. 11, inciso II, da Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007 – Lei Nacional de Saneamento Básico (LNSB).

O sistema foi concebido de forma a atender a Lei nº 11.445/2007, a Lei Federal nº 12.305/2010, que dispõe sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos e a Lei Nº 1723, de 28 de dezembro de 2017, que institui a Política Municipal de Gestão de Resíduos Sólidos do Município de Lauro de Freitas (PMGRS) e aprova o Plano Municipal Integrado de Gestão de Resíduos Sólidos

O sistema elimina a destinação de resíduo bruto em aterro sanitário, através da valorização dos materiais reaproveitáveis nele presentes, reciclagem, produção de composto orgânico, utilização como insumo energético e outros. Pretende também agregar valor econômico aos produtos resultantes dos processos de aproveitamento, reduzindo custos com tratamento e disposição final de resíduos. Como consequência, contribui-se para a não geração de passivos ambientais.

Outros conceitos aplicados na concepção do Sistema estudado são a economia de escala, a integração das unidades de tratamento e a gestão articulada e eficiente dos serviços.

Em linhas gerais, o presente estudo visa a implantação e a operação de um sistema integrado de tratamento de resíduos sólidos na disposição final dos rejeitos,

estrategicamente posicionada de forma a otimizar as distâncias de transporte dos Municípios à planta de tratamento.

Nota-se que os dados utilizados neste estudo são apenas referenciais e não criam obrigações ou direitos para a Concessionária ou para o Poder Concedente. O presente estudo não objetiva direcionar a poder municipal na escolha da tecnologia ou projeto logístico, devendo ela formular a solução passível de oferecer a melhor relação custo/benefício, garantindo no mínimo os ganhos obtidos nesta modelagem, conforme metodologia constante do edital.

### ○ 8.1 BASE DE DADOS

#### 8.1.1 DEMANDA

Para determinação da demanda inicial de resíduos de projeto foram utilizados dados da série histórica do SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento.

Levando em consideração que o processo licitatório tenha vencedor no ano da atualização deste projeto (ano de 2024), a concessionária terá 18 a 24 meses para obtenção da licença ambiental, execução das obras de infraestrutura e construção da usina. Sendo assim, considera-se ao ano de 2026 como o de início das operações.

Os levantamentos de dados servem para o dimensionamento da URE/UTGE, determinação da capacidade mínima diária no primeiro ano de concessão, estimativa do ano em que

haverá necessidade de ampliação da capacidade mínima e a situação no último ano de concessão.

#### 8.1.1.2 Resíduos Sólidos Urbanos (RSU):

Consideramos RSU a soma dos resíduos sólidos domiciliares (RSD) e resíduos de limpeza pública e volumosos (RPU), já que os mesmos são coletados juntamente.

Para dimensionamento da URE/UTGE, levou-se em consideração os dados constantes no SNIS nos últimos 5 (cinco) anos levantados, ou seja, entre 2018 e 2022, onde foi possível determinar a taxa de crescimento na geração dos RSU conforme tabela (figura 138) que segue:

Ano	Coleta Total RSU (ton/ano)	Varição%
2018	82.100	
2019	85.926	4,66%
2020	91.539	6,53%
2021	87.046	-4,91%
2022	84.752	-2,64%
<b>Média</b>		<b>0,91%</b>

Fonte: SNIS

Partindo da quantidade coletada no ano de 2022 e da taxa de crescimento médio, prevê-se que no ano de 2026, primeiro ano da concessão, a geração será de 87.881 Ton/ano, o equivalente a 241 Ton/dia.

#### 8.1.1.3 Resíduos da Construção Civil e Demolição e Resíduos Verdes:

Os RCC coletados pelo município de Lauro de Freitas dividem-se em duas categorias que são coletadas em conjunto e destinadas ao aterro de Quingoma. Temos os resíduos provenientes de obras da construção civil e demolições (RCD) e os Resíduos Verdes (RV), provenientes de podas e outros de origem vegetal.

Segundo o PMGIRS, como esses resíduos são coletados em conjunto, não temos dados exatos da geração em separado. No entanto, pelos dados contidos no PMGIRS, estima-se que no município de Lauro de Freitas sejam coletados 50% de cada resíduo.

Segundo o SNIS, no ano de 2022 foram coletados 65.446 Ton de RCD e RV. Estimamos então 32.723 Ton/ano de cada resíduo, que projetados pela metade da taxa de crescimento médio de RSU, resulta em uma geração no ano de 2026, primeiro ano da concessão, de 33.933 Ton/ano ou 93 Ton/dia. Destas, estima-se que 21 Ton/dia seja de resíduos de coco verde, levando em consideração a retirada diária de 4 caçambas de 12 m<sup>3</sup>, dado também exposto no PMGIRS.

#### 8.1.1.4 RSS (Resíduos Sólidos de Saúde):

Segundo o SNIS, a quantidade média estimada de resíduos públicos de saúde gerados em 2022 em Lauro de Freitas foi de 58 toneladas/ ano.

Projetando para o ano de 2026, primeiro ano da concessão, estima-se que sejam gerados pelo município 60 ton/ano ou 0,16 ton/dia de RSS, valor insignificante no que diz respeito ao dimensionamento da URE/UTGE.

Com base nos dados SNIS, para dimensionamento da usina, temos a contribuição das quantidades geradas dos RSU, RV e RSS, desde o primeiro (2026) até o último ano (2055) da concessão, conforme tabela que segue (figura 139):

Ano	RSD (ton/dia)		RV (ton/dia)		Coco (ton/dia)		RSS (ton/dia)		Total USINA (ton/dia)
2026	241	0,91%	72	0,91%	21	0,91%	0,16	0,91%	334
2027	243	0,91%	73	0,91%	21	0,91%	0,17	0,91%	337
2028	245	0,91%	74	0,91%	21	0,91%	0,17	0,91%	340
2029	247	0,91%	74	0,91%	21	0,91%	0,17	0,91%	343
2030	250	0,91%	75	0,91%	22	0,91%	0,17	0,91%	346
2031	252	0,91%	76	0,91%	22	0,91%	0,17	0,91%	349
2032	254	0,91%	76	0,91%	22	0,91%	0,17	0,91%	353
2033	257	0,91%	77	0,91%	22	0,91%	0,18	0,91%	356
2034	259	0,91%	78	0,91%	22	0,91%	0,18	0,91%	359
2035	261	0,91%	78	0,91%	23	0,91%	0,18	0,91%	362
2036	264	0,91%	79	0,91%	23	0,91%	0,18	0,91%	366
2037	266	0,91%	80	0,91%	23	0,91%	0,18	0,91%	369
2038	269	0,91%	81	0,91%	23	0,91%	0,18	0,91%	372
2039	271	0,91%	81	0,91%	23	0,91%	0,19	0,91%	376
2040	273	0,91%	82	0,91%	24	0,91%	0,19	0,91%	379
2041	276	0,91%	83	0,91%	24	0,91%	0,19	0,91%	383
2042	278	0,91%	84	0,91%	24	0,91%	0,19	0,91%	386
2043	281	0,91%	84	0,91%	24	0,91%	0,19	0,91%	390
2044	284	0,91%	85	0,91%	24	0,91%	0,19	0,91%	393
2045	286	0,91%	86	0,91%	25	0,91%	0,20	0,91%	397
2046	289	0,91%	87	0,91%	25	0,91%	0,20	0,91%	400
2047	291	0,91%	87	0,91%	25	0,91%	0,20	0,91%	404
2048	294	0,91%	88	0,91%	25	0,91%	0,20	0,91%	408
2049	297	0,91%	89	0,91%	26	0,91%	0,20	0,91%	411
2050	299	0,91%	90	0,91%	26	0,91%	0,20	0,91%	415
2051	302	0,91%	91	0,91%	26	0,91%	0,21	0,91%	419
2052	305	0,91%	91	0,91%	26	0,91%	0,21	0,91%	423
2053	308	0,91%	92	0,91%	27	0,91%	0,21	0,91%	427
2054	310	0,91%	93	0,91%	27	0,91%	0,21	0,91%	431
2055	313	0,91%	94	0,91%	27	0,91%	0,21	0,91%	435

Durante a concessão os índices de projeções de demanda devem ser atualizados para possíveis redimensionamento do sistema de forma que tenha capacidade para processar todos os resíduos até o final da concessão.

## 8.2 VIABILIDADE TÉCNICA

Existem hoje no mercado diversas possibilidades de arranjos de equipamentos com as diversas tecnologias encontradas para gerar energia com o lixo, umas mais eficientes outras menos, umas mais caras e outras economicamente mais viáveis.

Para o estudo de viabilidade técnica e econômica foi considerado um arranjo de planta que contém três conjuntos principais, a planta de processamento de RSU com produção de CDR, a planta térmica de geração de combustível gasoso e a planta de geração de energia com o combustível gasoso. Ou seja, as tecnologias escolhidas para elaboração do estudo de viabilidade técnica econômica são: tecnologia de produção de CDR a partir do RSU, tecnologia de gaseificação a partir de CDR e por fim tecnologia de geração de energia por caldeiras e turbinas através do gás de síntese.

Foi considerado na escolha desta tecnologia a necessidade de que o CDR obtido fosse um combustível ambientalmente correto, ou seja, elementos que provocam poluição devem ser filtrados antes de serem liberados na atmosfera.

Ainda na escolha da tecnologia, a opção por tecnologias nacionais deve ser estimulada, pois dessa forma se fomenta o desenvolvimento no País e abre a possibilidade de financiamento pelo BNDES.

A escolha da tecnologia também deve considerar a ordem descrita na PNRS e PMGRS de não utilização, redução, reutilização, reciclagem, reaproveitamento e disposição final.

### ○ 8.3 MATERIAIS NÃO TRANSFORMADOS EM COMBUSTÍVEL

#### 8.3.1 MATERIAIS RECICLÁVEIS

A reciclagem surgiu como uma maneira de introduzir novamente no sistema uma parte da matéria e da energia que se tornaria resíduo. O ato de reciclar faz com que um determinado material retorne ao seu ciclo de produção, a partir de vários processos de separação dos materiais existentes nos resíduos, que poderão, após seu beneficiamento, retornar à indústria como matéria prima.

Num cenário ideal, antes que os resíduos sigam para a destinação final, os materiais recicláveis sejam totalmente separados para serem reciclados. No município a CAELF (Cooperativa de Catadores e Agentes Ecológicos de Lauro de Freitas) realiza esse trabalho com parceria com o poder público, que deve ser cada vez mais fortalecida com programas voltados para a reciclagem.

Os materiais que irão para destinação final que possuem valor comercial são separados do processo de elaboração do CDR e encaminhados para comercialização.

#### 8.3.2 CINZAS

A gaseificação de resíduos transforma o RSU basicamente em três produtos: cinzas, gás de síntese e calor. As cinzas são, em sua maioria, formadas por constituintes inorgânicos que estavam presentes nos resíduos (CARVALHAES, 2013) ou ainda que não sofreram

gaseificação. As cinzas geradas no processo são classificadas como resíduo classe II B – inerte, segundo as normas da ABNT (2004). Esse material poderá ser incluído na fabricação de agregados de cimento para construção civil, por exemplo ou serem encaminhadas para uma disposição final adequada.

No fluxograma apresentado anteriormente está demonstrada a quantidade de cinzas geradas no projeto com vazão de 328 Ton/dia.

Na linha de processamento temos 22,1 Ton/dia de cinzas inertes na saída do beneficiamento e no final do processo de gaseificação temos a saída de 1.482,4 kg/hora, o que equivale a 35,6 Ton/dia. Ao todo são 57,7 Ton/dia de cinzas inertes, que equivale a 17,6% do peso total.

Conclui-se que o projeto de recuperação energética de Lauro de Freitas prevê uma redução dos resíduos em massa de 82,4%.

As cinzas deverão ser enviadas para aterros ou se unirem aos resíduos da construção civil (RCC) para produção de agregados reciclados a serem comercializados.

### ○ 8.4 DESENVOLVIMENTO DA METODOLOGIA

Para o desenvolvimento da avaliação técnico econômica da planta de geração de energia projetada, foram considerados na análise os seguintes parâmetros:

- Vida útil;
- Custo do combustível;

- Valor residual;
- Impacto ambiental;
- Potência instalada;
- Investimento inicial (CAPEX);
- Manutenções e reinvestimentos;
- Custo de operação (OPEX);
- Fator de capacidade.

A análise de viabilidade econômica de empreendimentos de energia é imprescindível para sua implantação. A viabilidade de usinas Waste to Energy dependem de diversos fatores, como: características do insumo, custos capitais, custos de Operação e Manutenção, condições de mercado, regulações (EPRI, 2011), entre outros. Além disso, a economia deste tipo de negócio é muito específica para cada localidade, dependendo largamente de incentivos locais, características dos resíduos etc. (EPRI, 2011).

Para que o empreendimento seja viável economicamente as receitas devem exceder os gastos por ano da usina. E ainda devem pagar os investimentos iniciais num tempo razoável de anos. O Fluxo de Caixa do negócio será a soma do total da receita ao ano e do total de gastos ao ano. Os gastos anuais são relacionados à Operação e Manutenção (O&M) da planta e à taxa que se deverá pagar para a disposição final das cinzas do processo de conversão e dos outros subprodutos inertes. Os custos podem ser, portanto:

- Custos de O&M da planta: gastos relacionados ao pagamento do trabalho empregado na operação e na manutenção da planta, e ao pagamento do uso/aquisição de equipamentos na manutenção da planta;
- Custos de disposição final de subprodutos, como as cinzas: gastos relacionados à disposição em aterro para que os subprodutos do processo de conversão sejam dispostos.

As cinzas inertes podem, dependendo de uma futura cadeia produtiva, deixar de ser custo e se tornar receita, como por exemplo, se for instalada em uma curta distância alguma fábrica que tenha as cinzas como matéria prima.

As receitas estão associadas ao recebimento da Taxa de disposição final paga pela prefeitura e demais receitas acessórias como a venda dos materiais recicláveis e energia elétrica. As receitas serão, portanto:

- Receitas relacionadas à taxa de disposição final: custos pagos pelo município para destinação final dos seus resíduos sólidos, sendo está à principal fonte de receita do projeto;
- Receita acessória da venda da energia elétrica produzida;
- Receitas acessória da venda dos materiais recicláveis;

Caso futuramente seja instalada alguma fabrica que utilize syngas como combustível, esse produto poderá ser comercializado antes mesmo do processo de geração de energia elétrica.

Os Principais fatores que influenciam a viabilidade econômica de um empreendimento Waste to Energy, incluso fatores que afetam a variação de receitas e custos, são:

- Fator de Capacidade: o tempo parado da usina afetará a quantidade de lixo que será tratada. A planta não tratará lixo enquanto não estiver funcionando, e, portanto, não gerará energia neste meio tempo, a não ser que se tenha estoque; como consequência, cairá a quantidade de energia vendida, e a respectiva receita.
- Eficiência da planta: dependendo da eficiência da planta, maior será a quantidade de energia gerada, fazendo aumentar a receita do empreendimento. De outra maneira, a



eficiência poderá afetar o custo com serviços de Operação e Manutenção – supondo a geração de uma quantidade fixa de energia, a eficiência ditaria a quantia de resíduos sólidos a ser enviada à planta, ocasionando em maior ou menor esforço, dependendo do volume de lixo a ser tratado.

- Valor dos serviços de Operação e Manutenção (O&M): o valor a ser pago pelos serviços de Operação e Manutenção afetará os custos do empreendimento. Os custos de O&M são compostos de parcelas fixas e variáveis, e são influenciados principalmente pela composição do lixo e pela eficiência do processo, fatores que afetam a frequência e intensidade do uso de serviços de O&M e, portanto, os gastos relacionados.
- Valor da energia a ser vendida: influenciará a receita do empreendimento.

Para a distribuição dos custos do empreendimento e apuração do fluxo de Caixa é necessário conhecer os seguintes elementos:

- Vida Útil da Instalação [anos]
- Custo de Instalação [R\$]
- Custo do Equipamento [R\$]
- Custo de Manutenção e Operação [R\$/ano]
- Custo do Combustível [R\$/ano]
- Valor do Subproduto [R\$/ano]
- Valor da Energia [R\$/ano]
- Taxas e Tributos
- Valor Residual do Investimento ao fim da vida útil da instalação [R\$]
- Tempo de Construção [anos]

#### ○ 8.5 DEFINIÇÃO DE VIDA ÚTIL EFETIVA

A definição de vida útil da usina como um sistema único de geração de energia é imprecisa. De um lado temos uma etapa que trabalha apenas com o lixo, uma matéria prima muito corrosiva, e do outro lado duas etapas que trabalham a quente, a altas temperaturas de trabalho. Encontra-se muito frequentemente uma definição de vida útil bem consolidada para usinas termoelétricas, mas para usinas de produção de CDR não há precisão e nem segurança no dado.

No Estudo de Vida Útil Econômica e Taxa de Depreciação da ANEEL, explica-se que a vida útil desses equipamentos (que operam com resíduos) varia muito de acordo com a classe de utilização, a qualidade do projeto, a operação bem realizada e principalmente a manutenção adequada. Em termos de valores médios, pode-se considerar a vida útil da armazenagem, manipulação e transporte de resíduo como sendo 20 anos, considerado como o da vida útil de um projeto de usina termelétrica.

No entanto, um programa de manutenção deverá ser implantado para ampliação da vida útil do empreendimento e compatibilização com o tempo da concessão. Para isso, deverão ser realizadas manutenções com investimentos mais significativos a cada 7 (sete) anos durante todo o período de concessão.

#### ○ 8.6 INVESTIMENTO INICIAL (CAPEX)

A planilha abaixo apresenta estimativas de instalação do equipamento levando em conta informações obtidas junto ao mercado e órgãos públicos. Os valores fornecidos incluem todas as despesas com transporte, instalação, adequação do equipamento, impostos e outros custos.

Figura 140. CAPEX

CAPEX ESTIMADO						
Item	Categoria	Descrição	Quantidade	Valor unitário	Valor total	
1	Custo pré-operacional	Remuneração pelo PMI	1	R\$ 1.960.000,00	R\$ 1.960.000,00	0,78%
2	Custo pré-operacional	Terreno (20.000 m²)	1	R\$ 7.800.000,00	R\$ 7.800.000,00	3,09%
3	Custo pré-operacional	Engenharia básica e executiva da usina	1	R\$ 4.944.800,00	R\$ 4.944.800,00	1,96%
4	Custo pré-operacional	Licenciamento ambiental	1	R\$ 935.000,00	R\$ 935.000,00	0,37%
5	Planta de CDR	Guindaste grua de manejo de resíduos	2	R\$ 888.000,00	R\$ 1.776.000,00	0,70%
6	Planta de CDR	Triturador primário	2	R\$ 3.330.000,00	R\$ 6.660.000,00	2,64%
7	Planta de CDR	Separador magnético	4	R\$ 120.000,00	R\$ 480.000,00	0,19%
8	Planta de CDR	Triturador secundário	4	R\$ 3.330.000,00	R\$ 13.320.000,00	5,28%
9	Planta de CDR	Separador aerólico	2	R\$ 2.070.000,00	R\$ 4.140.000,00	1,64%
10	Planta de CDR	Separador eddy-current	2	R\$ 2.970.000,00	R\$ 5.940.000,00	2,35%
11	Planta de CDR	Triturador terciário	2	R\$ 4.860.000,00	R\$ 9.720.000,00	3,85%
12	Planta de CDR	Secador homogeneizador rotativo	2	R\$ 4.500.000,00	R\$ 9.000.000,00	3,57%
13	Planta de CDR	Esteiras transportadoras	15	R\$ 418.000,00	R\$ 6.270.000,00	2,49%
14	Planta de CDR	Elétrica e automação (painéis, iluminação, monitores, cameras, CPUs, bombas, motores, etc)	1	R\$ 3.000.000,00	R\$ 3.000.000,00	1,19%
15	Planta de CDR	Miscelâneas (dutos, flanges, caçambas, estruturas, bicas, etc)	1	R\$ 6.300.000,00	R\$ 6.300.000,00	2,50%
16	Planta de CDR	Galpão (5.000 m²) com telhamento	1	R\$ 5.000.000,00	R\$ 5.000.000,00	1,98%
17	Planta de CDR	Sala de operação (120 m²)	1	R\$ 280.000,00	R\$ 280.000,00	0,11%
18	Planta de CDR	Obras civis (pisos, fosso, acessos, fechamentos, fundações, etc)	1	R\$ 3.600.000,00	R\$ 3.600.000,00	1,43%
19	Planta de gaseificação	Gaseificador e subsistemas (reator, trocadores, roscas, válvulas, silos, instrumentos, lavadores, etc)	1	R\$ 46.400.000,00	R\$ 46.400.000,00	18,39%
20	Planta de gaseificação	Estrutura metálica da torre de gaseificação	1	R\$ 14.400.000,00	R\$ 8.000.000,00	3,17%
21	Planta de gaseificação	Refratários	1	R\$ 2.880.000,00	R\$ 2.880.000,00	1,14%
22	Planta de gaseificação	Ponte rolante	1	R\$ 1.100.000,00	R\$ 1.100.000,00	0,44%
23	Planta de gaseificação	Ventilador centrífugo	4	R\$ 936.000,00	R\$ 3.744.000,00	1,48%
24	Planta de gaseificação	Centrais hidráulicas	4	R\$ 150.000,00	R\$ 600.000,00	0,24%
25	Planta de gaseificação	Analisadores de gás	1	R\$ 550.000,00	R\$ 550.000,00	0,22%
26	Planta de gaseificação	Queimadores de partida	2	R\$ 350.000,00	R\$ 700.000,00	0,28%
27	Planta de gaseificação	Torre de resfriamento	2	R\$ 50.000,00	R\$ 100.000,00	0,04%
28	Planta de gaseificação	Elétrica e automação (painéis, iluminação, monitores, cameras, CPUs, bombas, motores, etc)	1	R\$ 7.200.000,00	R\$ 7.200.000,00	2,85%
29	Planta de gaseificação	Miscelâneas (dutos, flanges, caçambas, estruturas, bicas, etc)	1	R\$ 3.600.000,00	R\$ 3.600.000,00	1,43%
30	Planta de gaseificação	Obras civis (pisos, acessos, fechamentos, fundações, etc)	1	R\$ 2.160.000,00	R\$ 2.160.000,00	0,86%
31	Planta de geração	Caldeira a gás de síntese	1	R\$ 28.750.000,00	R\$ 28.750.000,00	11,40%
32	Planta de geração	Turbina a vapor	1	R\$ 19.500.000,00	R\$ 19.500.000,00	7,73%
33	Planta de geração	Torres de resfriamento	1	R\$ 5.000.000,00	R\$ 5.000.000,00	1,98%
34	Planta de geração	Subestação elevatória	1	R\$ 7.200.000,00	R\$ 7.200.000,00	2,85%
35	Planta de geração	Elétrica e automação (painéis, iluminação, monitores, cameras, CPUs, bombas, motores, etc)	1	R\$ 2.250.000,00	R\$ 2.250.000,00	0,89%
36	Planta de geração	Miscelâneas (dutos, flanges, estruturas, etc)	1	R\$ 900.000,00	R\$ 900.000,00	0,36%
37	Planta de geração	Obras civis (pisos, acessos, fechamentos, fundações, etc)	1	R\$ 1.530.000,00	R\$ 1.530.000,00	0,61%
38	Estação de Tratamento	Estação de tratamento de água (caixas, gradeamento, floteador, reatores, bombas, leitos, etc)	1	R\$ 5.000.000,00	R\$ 5.000.000,00	1,98%
39	Infraestrutura geral	Terraplenagem	1	R\$ 1.211.625,00	R\$ 1.211.625,00	0,48%
40	Infraestrutura geral	Sistema de combate a incêndio	1	R\$ 500.000,00	R\$ 500.000,00	0,20%
41	Infraestrutura geral	Drenagem, pavimentação e paisagismo	1	R\$ 1.468.296,87	R\$ 1.468.296,87	0,58%
42	Infraestrutura geral	Maquinários (empilhadeiras, carregadeiras e etc)	1	R\$ 7.000.000,00	R\$ 7.000.000,00	2,77%
43	Planta de RCC	Planta de resíduos da construção civil	1	R\$ 3.829.417,75	R\$ 3.829.417,75	1,52%
<b>Total previsto:</b>					<b>R\$ 252.299.139,62</b>	<b>100,00%</b>

RESUMO		
Categoria	Valor	
Custo pré-operacional	R\$ 15.639.800,00	6,20%
Planta de CDR	R\$ 75.486.000,00	29,92%
Planta de gaseificação	R\$ 77.034.000,00	30,53%
Planta de geração	R\$ 65.130.000,00	25,81%
Estação de tratamento	R\$ 5.000.000,00	1,98%
Infraestrutura geral	R\$ 10.179.921,87	4,03%
Planta de RCC	R\$ 3.829.417,75	1,52%
<b>Total</b>	<b>R\$ 252.299.139,62</b>	<b>100,00%</b>



## ○ 8.7 CUSTO ANUAL DE MANUTENÇÃO E OPERAÇÃO (OPEX)

### 8.7.1 MANUTENÇÕES

Manutenções são cuidados técnicos indispensáveis ao funcionamento correto e duradouro do maquinário. Esses cuidados envolvem a conservação, a adequação, a restauração, a substituição e a prevenção.

De modo geral, a manutenção em uma empresa tem como objetivos:

- Manter equipamentos e máquinas em condições de pleno funcionamento para garantir a operação dentro dos limites de projeto;
- Prevenir prováveis falhas ou quebras dos elementos das máquinas.

Alcançar esses objetivos requer manutenção diária em serviços de rotina e de reparos periódicos programados. Basicamente existem dois tipos de manutenções que são feitas ao longo da vida de uma usina, equipamento, edificação e outros, as manutenções preventivas e as corretivas.

Manutenção preventiva: trata-se de atuação realizada de maneira a reduzir ou evitar a falha ou a queda no desempenho do equipamento, obedecendo a um plano de manutenção preventiva previamente elaborada, baseado em intervalos definidos de tempo, isto é manutenção baseada no tempo. A manutenção preventiva é considerada como o ponto de apoio das atividades de manutenção, envolvendo tarefas sistemáticas tais como: as inspeções, substituição de peças e reformas (PATTON JR., 1983).

Manutenção Corretiva: trata-se da atuação realizada para reparar defeitos inesperados. Visa corrigir, restaurar, recuperar a capacidade produtiva do maquinário, que tenha cessado ou diminuído sua capacidade de exercer as funções às quais foi projetado. Tendo em vista que uma máquina parada compromete toda a produção, a manutenção corretiva é a primeira atitude tomada para que esta produção volte à normalidade. Ou seja, a manutenção corretiva é uma técnica de gerência reativa que espera pela falha da máquina ou equipamento, antes que seja tomada qualquer ação de manutenção. Além disso, é o método mais caro de gerência de manutenção. Além de contribuir para a diminuição da vida útil das máquinas

O levantamento de custos com a manutenção planejada é de fácil obtenção, pois ela segue rotinas com periodicidades e custos programados. Por outro lado, a manutenção não planejada, por se tratar de fato inesperado, não possibilita uma previsão exata de gastos.

Neste projeto, além das manutenções constantes já contabilizadas nos custos de operação, serão realizadas manutenções mais profundas, com reposição de partes, a cada 7 (sete) anos ao custo de 3% do valor do CAPEX.

### 8.7.2 MÃO DE OBRA

A mão de obra sugerida para operação inclui 62 profissionais, sendo 44 profissionais para operação direta e 18 profissionais para o setor administrativo, conforme abaixo:

Mão de obra operacional - Usina					
Headcount - Colaboradores (operacional)					
Área de atuação	Pessoas por turno	Número de turnos	Turno Folguista	Total de pessoas	
Planta de beneficiamento de resíduos	10	2	0	20	
Planta termoquímica	4	3	1	16	
Planta de geração de vapor + Estação de tratamento	1	3	1	4	
Gerente geral de operação	1	3	1	4	
Total de pessoas na usina (operacional):				44	
Classificação dos colaboradores (operacional)					
Tipo	Título	Descrição			Total de pessoas
A	Ajudante mecânico	Funcionário capacitado para auxiliar nas manutenções preventivas e corretivas da planta industrial			14
B	Operador de máquinas	Funcionário capacitado para operação das empilhadeiras e pá carregadeira, também capacitado para operação da Grua de alimentação de resíduos			6
C	Técnico elétrico	Funcionário com nível técnico em elétrica para acompanhamento da operação e intervenções de manutenções preventivas e corretivas			12
D	Técnico mecânico	Funcionário com nível técnico em mecânica para acompanhamento da operação e intervenções de manutenções preventivas e corretivas			8
E	Engenheiro	Engenheiro com especialização a definir, desde que tenha conhecimento suficiente em processos industriais e gestão de plantas			4
Headcount - Colaboradores (administrativo)					
Tipo	Departamento	Pessoas por turno	Número de turnos	Turno Folguista	Total de pessoas
F	Limpeza geral	2	2	0	4
G	Compras	2	1	0	2
H	Contabilidade / financeiro	2	1	0	2
I	Secretariado	2	2	0	4
J	Diretoria	2	1	0	2
K	Portaria / Controle de acesso	1	3	1	4
Total de pessoas na usina (administrativo):					18
Headcount - Colaboradores (Operacional + administrativo)					62
Custo operacional - Mão de Obra					
Tipo	Salário previsto	Encargos e benefícios	Valor mensal individual	Valor anual individual	Valor anual total
A	R\$ 1.550,00	R\$ 1.240,00	R\$ 2.790,00	R\$ 33.480,00	R\$ 468.720,00
B	R\$ 3.000,00	R\$ 2.400,00	R\$ 5.400,00	R\$ 64.800,00	R\$ 388.800,00
C	R\$ 6.000,00	R\$ 4.800,00	R\$ 10.800,00	R\$ 129.600,00	R\$ 1.555.200,00
D	R\$ 6.000,00	R\$ 4.800,00	R\$ 10.800,00	R\$ 129.600,00	R\$ 1.036.800,00
E	R\$ 12.000,00	R\$ 9.600,00	R\$ 21.600,00	R\$ 259.200,00	R\$ 1.036.800,00
F	R\$ 1.300,00	R\$ 1.040,00	R\$ 2.340,00	R\$ 28.080,00	R\$ 112.320,00
G	R\$ 3.000,00	R\$ 2.400,00	R\$ 5.400,00	R\$ 64.800,00	R\$ 129.600,00
H	R\$ 3.000,00	R\$ 2.400,00	R\$ 5.400,00	R\$ 64.800,00	R\$ 129.600,00
I	R\$ 2.500,00	R\$ 2.000,00	R\$ 4.500,00	R\$ 54.000,00	R\$ 216.000,00
J	R\$ 16.000,00	R\$ 12.800,00	R\$ 28.800,00	R\$ 345.600,00	R\$ 691.200,00
K	R\$ 1.800,00	R\$ 1.440,00	R\$ 3.240,00	R\$ 38.880,00	R\$ 155.520,00
<b>TOTAL:</b>					<b>R\$ 5.920.560,00</b>

OPEX ESTIMADO					
Item	Descrição	Quantidade anual	Valor unitário	Valor anual	
1	Mão de obra	62	R\$ 95.492,90	R\$ 5.920.560,00	26,72%
2	Energia elétrica	1622	R\$ 300,00	R\$ 486.525,68	2,20%
3	Destinação final de cinzas - Aterro	12089	R\$ 120,00	R\$ 1.450.656,00	6,55%
4	Destinação final de cinzas - Logística	12089	R\$ 70,00	R\$ 846.216,00	3,82%
5	Tratamento de água	96710	R\$ 2,50	R\$ 241.776,00	1,09%
6	Carbonato de cálcio	1840	R\$ 400,00	R\$ 735.840,00	3,32%
7	Óxido de cálcio	683	R\$ 4.400,00	R\$ 3.006.432,00	13,57%
8	Manutenção e reposição de partes	3,0%	R\$ 252.299.139,62	R\$ 7.568.974,19	34,16%
9	Análises ambientais (varredura completa)	2	R\$ 80.000,00	R\$ 160.000,00	0,72%
10	OPEX RCC	1	R\$ 685.955,06	R\$ 685.955,06	3,10%
11	Índice marginal	5,0%	R\$ 21.102.934,93	R\$ 1.055.146,75	4,76%
<b>Total previsto (anual)</b>				<b>R\$ 22.158.081,67</b>	<b>100,00%</b>

Figura 141. OPEX

#### ○ 8.8 VALOR ANUAL DO SUBPRODUTO

A estimativa da quantidade de material reciclável foi apurada utilizando como referência a composição gravimétrica de projeto.

Os plásticos, papel e papelão tem poder calorífico importante para uma planta de recuperação energética e, portanto, não foram computados como receitas em vendas desses subprodutos. Já os metais ferrosos, não ferrosos e vidro serão comercializados.

O poder concedente deverá receber 10% dos valores arrecadados com a venda dos subprodutos.

#### ○ 8.9 REVERSÃO DE BENS E VALOR RESIDUAL

A reversão de bens em uma parceria público-privada (PPP) é um processo que ocorre ao final do contrato estabelecido entre o setor público e o setor privado, no qual os bens e infraestruturas utilizados durante a parceria são transferidos de volta para a administração pública.

Por se tratar de uma matéria prima extremamente corrosiva, com no mínimo dupla jornada de trabalho e desconhecimento de como será o estado do maquinário após o término da vida útil da usina, será considerado o valor nulo para o valor residual.

No entanto, há grandes possibilidades da usina ainda estar em condições de uso para que seja revertida em favor da administração pública, até . No entanto, como citado no parágrafo anterior, não existirão custos residuais.

#### ○ 8.10 VALOR ANUAL DE ENERGIA

O valor de venda da energia baseia-se no Custo Marginal do último leilão de venda de energia realizado pela ANEEL (A-5) para empreendimentos a partir da recuperação energética de RSU que foi de R\$ 614,00/MWh.

O poder concedente deverá receber 10% dos valores arrecadados com a venda de energia.

#### ○ 8.11 TAXAS E TRIBUTOS

Sobre a operação da usina incidem os seguintes tributos:

- ISS – O ISS é recolhido tanto pela prestação de serviços de destinação final quanto para a geração de energia elétrica. A alíquota cobrada pelo ISS é estabelecida pelo município e, varia entre 2% e 5% sobre os serviços. Adotaremos a alíquota de 5%.
- PIS – Programa de Integração Social, uma contribuição tributária de caráter social, que tem como objetivo financiar o pagamento do seguro-desemprego, abono e participação na receita dos órgãos e entidades, tanto para os trabalhadores de empresas públicas, como privadas. O PIS foi instituído através da Lei Complementar nº 7/1970 que era destinado aos trabalhadores de empresas privadas que eram administrados pela Consolidação das Leis do Trabalho. Neste caso, onde é adotado o regime tributário de lucro real, a alíquota é de 1,65% da receita.

- COFINS – Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social, que é uma contribuição social aplicada sobre o valor bruto apresentado por uma empresa. Como o próprio nome indica, a COFINS tem como o objetivo financiar a Seguridade Social, ou seja, áreas fundamentais como a Previdência Social, Assistência Social e Saúde Pública. No nosso caso, onde é adotado o regime tributário de lucro real, a alíquota é de 7,60% da receita.
- ICMS – Imposto sobre Operações relativas à Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação, e é um imposto brasileiro que incide sobre a movimentação de mercadorias em geral. O objetivo do ICMS é apenas fiscal e o principal fato gerador é a circulação de mercadorias, até mesmo as que são enviadas do exterior e recebidas no Brasil. Assim, quando existe a compra e venda de mercadoria, chamada de troca de titularidade, existe fato gerador para a cobrança do imposto. O imposto é regulamentado pela Lei Complementar nº 87/1996 (Lei Kandir), que foi alterada posteriormente pelas leis nº 92/1997, 99/1999 e 102/2000. A cobrança do ICMS é de responsabilidade de cada estado brasileiro. Eles devem instituir valores tabelados para as mercadorias e o imposto é recolhido pela Secretaria da Fazenda Estadual (SEFAZ). No entanto, para venda de recicláveis não incide ICMS.
- IRPJ – Imposto de Renda Pessoa Jurídica – é um tributo federal pago pelas pessoas jurídicas e empresas individuais domiciliadas no Brasil e que possuam um CNPJ, ou seja, registradas e operantes. Ele incide sobre a arrecadação das empresas. A base de cálculo devida pelas pessoas jurídicas optantes pelo lucro real corresponde a 15% sobre o lucro.
- CSSL – A contribuição social sobre o lucro líquido (CSLL ou CSSL) foi instituída pela Lei 7.689/1988. Aplicam-se à CSLL as mesmas normas de apuração e de pagamento estabelecidas para o imposto de renda das pessoas jurídicas, mantidas a base de cálculo e as alíquotas previstas na legislação em vigor (Lei 8.981, de 1995, artigo 57).

Desta forma, além do IRPJ, a pessoa jurídica optante pelo Lucro Real corresponde a 9% sobre o lucro.

#### ○ 8.12 PROJEÇÃO DE RECEITAS

Com as definições anteriores é possível projetar as receitas provenientes da destinação final, receitas da venda de subprodutos e as receitas da venda de energia elétrica. As receitas poderão ser conferidas no fluxo de caixa apresentado no próximo capítulo.

#### ○ 8.13 DEMONSTRATIVO DE RESULTADOS - PROJEÇÃO

Demonstração do resultado do exercício é um relatório contábil elaborado em conjunto com o balanço patrimonial, que descreve as operações realizadas pela empresa em um determinado período no Brasil. A DRE deve ser elaborada obedecendo ao princípio do Regime de Competência.

Segundo o Manual de Contabilidade Empresarial “Por este princípio, as receitas e as despesas devem ser incluídas na operação do resultado do período em que ocorreram, sempre simultaneamente quando se correlacionam, independente de recebimento ou pagamento”.

Seu objetivo é demonstrar a formação do resultado líquido em um exercício através do confronto das receitas, despesas e resultados apurados, gerando informações significativas para tomada de decisão.



Conforme legislação brasileira (Lei nº 6.404, de 15 de dezembro de 1976, Lei das Sociedades por Ações) as empresas deverão discriminar na Demonstração do Resultado do Exercício: A receita bruta das vendas e serviços, as devoluções das vendas, os abatimentos e os impostos; a receita líquida das vendas e serviços; o custo das mercadorias e serviços vendidos e o lucro bruto; as despesas com as vendas, as despesas financeiras, deduzidas das receitas, as despesas gerais e administrativas, e outras despesas operacionais; o lucro ou prejuízo operacional, as receitas e despesas não operacionais; o resultado do exercício antes do Imposto de Renda e a provisão para tal imposto; as participações de debêntures, empregados, administradores e partes beneficiárias, e as contribuições para instituições ou fundos de assistência ou previdência de empregados; o lucro ou prejuízo líquido do exercício e o seu montante por ação do capital social.

Na sequência está apresentado o fluxo de caixa (Figura 142) do projeto:

Período			Pré OP	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10
Caixa	Alavancagem de capital (financiamento) do banco	80%	R\$ -	R\$ 128.742.680,75	R\$ 60.584.790,94	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
	CAPEX (Investimentos e reinvestimentos)		-R\$ 15.639.800,00	-R\$ 125.429.450,00	-R\$ 111.229.889,62	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	-R\$ 4.733.186,79	R\$ -	R\$ -
Receitas	Receita com a destinação final de Resíduos Sólidos Urbanos		R\$ -	R\$ -	R\$ 11.292.897,37	R\$ 23.649.808,97	R\$ 24.820.167,73	R\$ 26.048.444,07	R\$ 27.337.504,15	R\$ 28.690.355,98	R\$ 30.110.156,43	R\$ 31.600.218,59	R\$ 33.164.019,49
	Receita com destinação final de resíduos da construção civil		R\$ -	R\$ -	R\$ 1.442.529,92	R\$ 3.020.974,68	R\$ 3.170.473,74	R\$ 3.327.371,06	R\$ 3.492.082,77	R\$ 3.664.843,09	R\$ 3.846.205,28	R\$ 4.036.542,55	R\$ 4.236.299,05
	Receita com destinação final de resíduos complementares		R\$ -	R\$ -	R\$ 1.648.483,06	R\$ 3.348.553,54	R\$ 3.370.312,49	R\$ 3.387.390,17	R\$ 3.399.324,62	R\$ 3.405.621,77	R\$ 3.405.753,53	R\$ 3.399.155,73	R\$ 3.385.225,87
	Receita com comercialização de gás de síntese		R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
	Receita com venda de energia elétrica		R\$ -	R\$ -	R\$ 15.584.651,79	R\$ 35.773.612,97	R\$ 37.366.541,66	R\$ 39.031.203,61	R\$ 40.770.864,86	R\$ 42.588.941,68	R\$ 44.489.007,64	R\$ 46.474.800,86	R\$ 48.550.231,65
	Receita com a venda de recicláveis		R\$ -	R\$ -	R\$ 1.022.408,03	R\$ 2.141.147,12	R\$ 2.247.106,12	R\$ 2.358.308,73	R\$ 2.475.014,42	R\$ 2.597.495,53	R\$ 2.726.037,86	R\$ 2.860.941,37	R\$ 3.002.520,86
	Receita com a venda de créditos de carbono		R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
	Receita total		R\$ -	R\$ -	R\$ 30.990.970,17	R\$ 67.934.097,28	R\$ 70.974.601,74	R\$ 74.152.717,64	R\$ 77.474.740,81	R\$ 80.947.258,05	R\$ 84.577.160,75	R\$ 88.371.659,09	R\$ 92.338.296,92
Despesas operacionais	Impostos (PIS)		R\$ -	R\$ -	R\$ 201.441,31	R\$ 1.120.912,61	R\$ 1.171.080,93	R\$ 1.223.519,84	R\$ 1.278.333,22	R\$ 1.335.629,76	R\$ 1.395.523,15	R\$ 1.458.132,38	R\$ 1.523.581,90
	Impostos (COFINS)		R\$ -	R\$ -	R\$ 929.729,11	R\$ 5.162.991,39	R\$ 5.394.069,73	R\$ 5.635.606,54	R\$ 5.888.080,30	R\$ 6.151.991,61	R\$ 6.427.864,22	R\$ 6.716.246,09	R\$ 7.017.710,57
	Impostos (ISS)	5,00%	R\$ -	R\$ -	R\$ 719.195,52	R\$ 1.500.966,86	R\$ 1.568.047,70	R\$ 1.638.180,26	R\$ 1.711.443,08	R\$ 1.788.041,04	R\$ 1.868.105,76	R\$ 1.951.795,84	R\$ 2.039.277,22
	Impostos (ICMS)	18,00%	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
	Custos da SPE		-R\$ 270.000,00	-R\$ 540.000,00	-R\$ 360.000,00	-R\$ 180.000,00	-R\$ 180.000,00	-R\$ 180.000,00	-R\$ 180.000,00	-R\$ 180.000,00	-R\$ 180.000,00	-R\$ 180.000,00	-R\$ 180.000,00
	Custo operacional		R\$ -	R\$ -	-R\$ 11.079.040,84	-R\$ 22.158.081,67	-R\$ 22.158.081,67	-R\$ 22.158.081,67	-R\$ 22.158.081,67	-R\$ 22.158.081,67	-R\$ 22.158.081,67	-R\$ 22.158.081,67	-R\$ 22.158.081,67
	Taxa de inflação	4,00% a.a.	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%
	Aplicação da inflação		R\$ -	-R\$ 9.829,89	-R\$ 787.282,80	-R\$ 2.262.600,06	-R\$ 3.246.627,33	-R\$ 4.270.015,69	-R\$ 5.334.339,58	-R\$ 6.441.236,43	-R\$ 7.592.409,16	-R\$ 8.789.628,79	-R\$ 10.034.737,21
EBITIDA/LAJIDA			R\$ -	-R\$ 549.829,89	R\$ 16.001.503,45	R\$ 33.485.379,00	R\$ 35.107.496,36	R\$ 36.808.488,50	R\$ 38.592.202,75	R\$ 40.462.674,58	R\$ 42.424.136,84	R\$ 44.481.029,42	R\$ 46.638.009,43
Alavancagem	Período:	15 anos											
	Modalidade de financiamento												
Carência do Juros	Taxa de juros:	15,0% a.a.											
	Juros bancários												
Price	Carência:	2 anos											
	Amortização												
Lucro real	Depreciação	10 anos	R\$ -	-R\$ 11.832.966,98	-R\$ 23.665.933,96	-R\$ 23.665.933,96	-R\$ 23.665.933,96	-R\$ 23.665.933,96	-R\$ 23.665.933,96	-R\$ 23.665.933,96	-R\$ 23.665.933,96	-R\$ 23.665.933,96	-R\$ 23.665.933,96
	PIS	1,65%	R\$ -	R\$ -	-R\$ 511.351,01	-R\$ 1.120.912,61	-R\$ 1.171.080,93	-R\$ 1.223.519,84	-R\$ 1.278.333,22	-R\$ 1.335.629,76	-R\$ 1.395.523,15	-R\$ 1.458.132,38	-R\$ 1.523.581,90
	COFINS	7,60%	R\$ -	R\$ -	-R\$ 2.355.313,73	-R\$ 5.162.991,39	-R\$ 5.394.069,73	-R\$ 5.635.606,54	-R\$ 5.888.080,30	-R\$ 6.151.991,61	-R\$ 6.427.864,22	-R\$ 6.716.246,09	-R\$ 7.017.710,57
	Base de cálculo para imposto de renda e contribuição social		-R\$ 15.909.800,00	-R\$ 137.812.246,87	-R\$ 118.997.841,80	-R\$ 18.751.548,48	-R\$ 16.248.840,01	-R\$ 13.551.488,55	-R\$ 10.638.986,84	-R\$ 12.221.358,07	-R\$ 4.072.843,83	-R\$ 363.338,23	-R\$ 3.673.977,87
	Imposto de renda e contribuição social		R\$ -	R\$ -	-R\$ 2.028.161,37	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	-R\$ 1.052.498,34	-R\$ 2.361.564,04
	PIS	0,65%	R\$ -	R\$ -	-R\$ 201.441,31	-R\$ 441.571,63	-R\$ 461.334,91	-R\$ 481.992,66	-R\$ 503.585,82	-R\$ 526.157,18	-R\$ 549.751,54	-R\$ 574.415,78	-R\$ 600.198,93
	COFINS	3,00%	R\$ -	R\$ -	-R\$ 929.729,11	-R\$ 2.038.022,92	-R\$ 2.129.238,05	-R\$ 2.224.581,53	-R\$ 2.324.242,22	-R\$ 2.428.417,74	-R\$ 2.537.314,82	-R\$ 2.651.149,77	-R\$ 2.770.148,91
	Base de cálculo para imposto de renda e contribuição social - Vendas		R\$ -	R\$ -	R\$ 16.607.059,82	R\$ 37.914.760,08	R\$ 39.613.647,78	R\$ 41.389.512,34	R\$ 43.245.879,27	R\$ 45.186.437,21	R\$ 47.215.045,50	R\$ 49.335.742,23	R\$ 51.552.752,51
Base de cálculo para imposto de renda e contribuição social - Serviços		R\$ -	R\$ -	R\$ 14.383.910,35	R\$ 30.019.337,19	R\$ 31.360.953,95	R\$ 32.763.205,30	R\$ 34.228.861,53	R\$ 35.760.820,84	R\$ 37.362.115,25	R\$ 39.035.916,87	R\$ 40.785.544,41	
Imposto de renda e contribuição social		R\$ -	R\$ -	-R\$ 1.794.190,71	-R\$ 3.846.097,05	-R\$ 4.020.170,66	-R\$ 4.202.117,26	-R\$ 4.392.296,82	-R\$ 4.591.085,92	-R\$ 4.798.878,53	-R\$ 5.016.086,87	-R\$ 5.243.152,21	
Regime tributário	Resultado contábil - Lucro real		R\$ -	R\$ -	-R\$ 4.894.826,12	-R\$ 6.283.904,00	-R\$ 6.565.150,66	-R\$ 6.859.126,38	-R\$ 7.166.413,52	-R\$ 7.487.621,37	-R\$ 7.823.387,37	-R\$ 8.176.876,80	-R\$ 8.543.987,50
	Resultado contábil - Lucro Presumido		R\$ -	R\$ -	-R\$ 2.925.361,12	-R\$ 6.325.691,60	-R\$ 6.610.743,62	-R\$ 6.908.691,46	-R\$ 7.220.124,86	-R\$ 7.545.660,84	-R\$ 7.885.944,90	-R\$ 8.241.652,43	-R\$ 8.613.500,05
	Definição do regime tributário		Lucro presumido	Lucro presumido	Lucro presumido	Lucro real	Lucro real	Lucro real	Lucro real	Lucro real	Lucro real	Lucro real	Lucro real
Resultados - Investidor	Fluxo de caixa líquido		-R\$ 15.909.800,00	R\$ 2.763.400,86	-R\$ 36.437.785,94	-R\$ 3.499.600,02	-R\$ 1.877.482,66	-R\$ 176.490,51	R\$ 1.607.223,73	-R\$ 1.255.491,23	R\$ 5.439.157,82	R\$ 6.443.552,07	R\$ 7.291.466,38
	Resultado acumulado		-R\$ 15.909.800,00	-R\$ 13.146.399,14	-R\$ 49.584.185,08	-R\$ 53.083.785,09	-R\$ 54.961.267,75	-R\$ 55.137.758,27	-R\$ 53.530.534,53	-R\$ 54.786.025,76	-R\$ 49.346.867,94	-R\$ 42.908.315,88	-R\$ 35.611.849,50
Cálculo do IR Projeto	Resultado contábil - Lucro real (projeto)		R\$ -	R\$ -	-R\$ 4.894.826,12	-R\$ 11.363.725,72	-R\$ 12.239.624,58	-R\$ 13.156.766,78	-R\$ 14.117.109,23	-R\$ 13.647.525,78	-R\$ 16.175.694,45	-R\$ 17.278.336,64	-R\$ 18.432.987,54
	Definição do regime tributário (projeto)		Lucro presumido	Lucro presumido	Lucro presumido	Lucro presumido	Lucro presumido	Lucro presumido	Lucro presumido	Lucro real	Lucro real	Lucro real	Lucro real
	PIS aplicado		R\$ -	R\$ -	-R\$ 201.441,31	-R\$ 441.571,63	-R\$ 461.334,91	-R\$ 481.992,66	-R\$ 503.585,82	-R\$ 526.157,18	-R\$ 549.751,54	-R\$ 574.415,78	-R\$ 600.198,93
	COFINS aplicado		R\$ -	R\$ -	-R\$ 929.729,11	-R\$ 2.038.022,92	-R\$ 2.129.238,05	-R\$ 2.224.581,53	-R\$ 2.324.242,22	-R\$ 2.428.417,74	-R\$ 2.537.314,82	-R\$ 2.651.149,77	-R\$ 2.770.148,91
	Imposto de renda aplicado		R\$ -	R\$ -	-R\$ 1.794.190,71	-R\$ 3.846.097,05	-R\$ 4.020.170,66	-R\$ 4.202.117,26	-R\$ 4.392.296,82	-R\$ 4.591.085,92	-R\$ 4.798.878,53	-R\$ 5.016.086,87	-R\$ 5.243.152,21
Resultados - Projeto	Fluxo de caixa líquido		-R\$ 15.909.800,00	-R\$ 125.979.279,89	-R\$ 97.022.576,88	R\$ 33.443.591,40	R\$ 35.061.903,40	R\$ 36.758.923,43	R\$ 38.538.491,42	R\$ 29.569.583,38	R\$ 34.071.829,75	R\$ 35.377.071,25	R\$ 36.746.314,35
	Resultado acumulado		-R\$ 15.909.800,00	-R\$ 125.979.279,89	-R\$ 223.001.856,77	-R\$ 189.558.265,37	-R\$ 154.496.361,97	-R\$ 117.737.438,54	-R\$ 79.198.947,13	-R\$ 49.629.363,75	-R\$ 15.557.534,00	R\$ 19.819.537,25	R\$ 56.565.851,60

Ano 10	Ano 11	Ano 12	Ano 13	Ano 14	Ano 15	Ano 16	Ano 17	Ano 18	Ano 19	Ano 20
R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	-R\$ 4.733.186,79	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
R\$ 33.164.019,49	R\$ 34.805.208,26	R\$ 36.527.614,57	R\$ 38.335.257,66	R\$ 40.232.355,63	R\$ 42.223.335,34	R\$ 44.312.842,72	R\$ 46.505.753,61	R\$ 48.807.185,15	R\$ 51.222.507,69	R\$ 53.757.357,36
R\$ 4.236.299,05	R\$ 4.445.940,90	R\$ 4.665.957,30	R\$ 4.896.861,66	R\$ 5.139.192,79	R\$ 5.393.516,17	R\$ 5.660.425,25	R\$ 5.940.542,88	R\$ 6.234.522,69	R\$ 6.543.050,69	R\$ 6.866.846,82
R\$ 3.385.225,87	R\$ 3.363.320,92	R\$ 3.332.754,76	R\$ 3.292.795,70	R\$ 3.242.663,70	R\$ 3.181.527,50	R\$ 3.108.501,62	R\$ 3.022.643,09	R\$ 2.922.948,12	R\$ 2.808.348,48	R\$ 2.677.707,73
R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
R\$ 48.550.231,65	R\$ 50.719.390,58	R\$ 52.986.556,84	R\$ 55.356.206,99	R\$ 57.833.024,20	R\$ 60.421.907,85	R\$ 63.127.983,63	R\$ 65.956.614,06	R\$ 68.913.409,57	R\$ 72.004.240,06	R\$ 75.235.246,98
R\$ 3.002.520,86	R\$ 3.151.106,69	R\$ 3.307.045,60	R\$ 3.470.701,45	R\$ 3.642.456,15	R\$ 3.822.710,48	R\$ 4.011.885,07	R\$ 4.210.421,33	R\$ 4.418.782,57	R\$ 4.637.454,99	R\$ 4.866.948,85
R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
R\$ 92.338.296,92	R\$ 96.484.967,35	R\$ 100.819.929,07	R\$ 105.351.823,46	R\$ 110.089.692,47	R\$ 115.042.997,35	R\$ 120.221.638,29	R\$ 125.635.974,98	R\$ 131.296.848,10	R\$ 137.215.601,90	R\$ 143.404.107,75
-R\$ 1.523.581,90	-R\$ 1.592.001,96	-R\$ 1.663.528,83	-R\$ 1.738.305,09	-R\$ 1.816.479,93	-R\$ 1.898.209,46	-R\$ 1.983.657,03	-R\$ 2.072.993,59	-R\$ 2.166.397,99	-R\$ 2.264.057,43	-R\$ 2.366.167,78
-R\$ 7.017.710,57	-R\$ 7.332.857,52	-R\$ 7.662.314,61	-R\$ 8.006.738,58	-R\$ 8.366.816,63	-R\$ 8.743.267,80	-R\$ 9.136.844,51	-R\$ 9.548.334,10	-R\$ 9.978.560,46	-R\$ 10.428.385,74	-R\$ 10.898.712,19
-R\$ 2.039.277,22	-R\$ 2.130.723,50	-R\$ 2.226.316,33	-R\$ 2.326.245,75	-R\$ 2.430.710,61	-R\$ 2.539.918,95	-R\$ 2.654.088,48	-R\$ 2.773.446,98	-R\$ 2.898.232,80	-R\$ 3.028.695,34	-R\$ 3.165.095,60
R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
-R\$ 180.000,00	-R\$ 180.000,00	-R\$ 180.000,00	-R\$ 180.000,00	-R\$ 180.000,00	-R\$ 180.000,00	-R\$ 180.000,00	-R\$ 180.000,00	-R\$ 180.000,00	-R\$ 180.000,00	-R\$ 180.000,00
-R\$ 22.158.081,67	-R\$ 22.158.081,67	-R\$ 22.158.081,67	-R\$ 22.158.081,67	-R\$ 22.158.081,67	-R\$ 22.158.081,67	-R\$ 22.158.081,67	-R\$ 22.158.081,67	-R\$ 22.158.081,67	-R\$ 22.158.081,67	-R\$ 22.158.081,67
4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%
-R\$ 10.034.737,21	-R\$ 11.329.649,97	-R\$ 12.676.359,23	-R\$ 14.076.936,87	-R\$ 15.533.537,61	-R\$ 17.048.402,38	-R\$ 18.623.861,74	-R\$ 20.262.339,48	-R\$ 21.966.356,33	-R\$ 23.738.533,85	-R\$ 25.581.598,47
R\$ 46.638.009,43	R\$ 48.899.961,81	R\$ 51.272.010,53	R\$ 53.759.530,29	R\$ 56.368.158,82	R\$ 59.103.809,79	R\$ 61.972.686,33	R\$ 64.981.295,23	R\$ 68.136.461,84	R\$ 71.445.345,68	R\$ 74.915.456,86
Price	Price	Price	Price	Price	Price	Price	Price	Price		
-R\$ 24.084.273,74	-R\$ 22.149.167,94	-R\$ 19.923.796,28	-R\$ 17.364.618,87	-R\$ 14.421.564,85	-R\$ 11.037.052,73	-R\$ 7.144.863,78	-R\$ 2.668.846,50	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
-R\$ 12.900.705,28	-R\$ 14.835.811,07	-R\$ 17.061.182,74	-R\$ 19.620.360,15	-R\$ 22.563.414,17	-R\$ 25.947.926,29	-R\$ 29.840.115,24	-R\$ 34.316.132,52	-R\$ 0,00	-R\$ 0,00	-R\$ 0,00
-R\$ 23.665.933,96	-R\$ 11.832.966,98	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
-R\$ 1.523.581,90	-R\$ 1.592.001,96	-R\$ 1.663.528,83	-R\$ 1.738.305,09	-R\$ 1.816.479,93	-R\$ 1.898.209,46	-R\$ 1.983.657,03	-R\$ 2.072.993,59	-R\$ 2.166.397,99	-R\$ 2.264.057,43	-R\$ 2.366.167,78
-R\$ 7.017.710,57	-R\$ 7.332.857,52	-R\$ 7.662.314,61	-R\$ 8.006.738,58	-R\$ 8.366.816,63	-R\$ 8.743.267,80	-R\$ 9.136.844,51	-R\$ 9.548.334,10	-R\$ 9.978.560,46	-R\$ 10.428.385,74	-R\$ 10.898.712,19
R\$ 3.673.977,87	R\$ 19.910.241,30	R\$ 36.555.848,44	R\$ 41.827.142,38	R\$ 42.880.024,99	R\$ 53.977.983,31	R\$ 60.994.329,55	R\$ 68.745.379,64	R\$ 74.847.451,65	R\$ 78.446.543,20	R\$ 82.219.547,64
-R\$ 2.361.564,04	-R\$ 7.139.330,18	-R\$ 12.717.213,23	-R\$ 14.416.873,21	-R\$ 14.803.862,17	-R\$ 18.328.514,33	-R\$ 20.714.072,05	-R\$ 23.349.429,08	-R\$ 25.424.133,56	-R\$ 26.647.824,69	-R\$ 27.930.646,20
-R\$ 600.198,93	-R\$ 627.152,29	-R\$ 655.329,54	-R\$ 684.786,85	-R\$ 715.583,00	-R\$ 747.779,48	-R\$ 781.440,65	-R\$ 816.633,84	-R\$ 853.429,51	-R\$ 891.901,41	-R\$ 932.126,70
-R\$ 2.770.148,91	-R\$ 2.894.549,02	-R\$ 3.024.597,87	-R\$ 3.160.554,70	-R\$ 3.302.690,77	-R\$ 3.451.289,92	-R\$ 3.606.649,15	-R\$ 3.769.079,25	-R\$ 3.938.905,44	-R\$ 4.116.468,06	-R\$ 4.302.123,23
R\$ 51.552.752,51	R\$ 53.870.497,28	R\$ 56.293.602,44	R\$ 58.826.908,44	R\$ 61.475.480,35	R\$ 64.244.618,34	R\$ 67.139.868,70	R\$ 70.167.035,40	R\$ 73.332.192,15	R\$ 76.641.695,04	R\$ 80.102.195,83
R\$ 40.785.544,41	R\$ 42.614.470,07	R\$ 44.526.326,63	R\$ 46.524.915,02	R\$ 48.614.212,12	R\$ 50.798.379,01	R\$ 53.081.769,59	R\$ 55.468.939,58	R\$ 57.964.655,95	R\$ 60.573.906,85	R\$ 63.301.911,91
-R\$ 5.243.152,21	-R\$ 5.480.605,20	-R\$ 5.728.833,41	-R\$ 5.988.331,06	-R\$ 6.259.615,25	-R\$ 6.543.227,06	-R\$ 6.839.732,63	-R\$ 7.149.724,40	-R\$ 7.473.822,28	-R\$ 7.812.674,95	-R\$ 8.166.961,23
-R\$ 10.902.856,50	-R\$ 16.064.189,66	-R\$ 22.043.056,67	-R\$ 24.161.916,88	-R\$ 24.987.158,73	-R\$ 28.969.991,58	-R\$ 31.834.573,59	-R\$ 34.970.756,76	-R\$ 37.569.092,01	-R\$ 39.340.267,86	-R\$ 41.195.526,16
-R\$ 8.613.500,05	-R\$ 9.002.306,51	-R\$ 9.408.760,82	-R\$ 9.833.672,62	-R\$ 10.277.889,03	-R\$ 10.742.296,46	-R\$ 11.227.822,43	-R\$ 11.735.437,49	-R\$ 12.266.157,23	-R\$ 12.821.044,42	-R\$ 13.401.211,17
Lucro real	Lucro real	Lucro real	Lucro real	Lucro real	Lucro real	Lucro real	Lucro real	Lucro real	Lucro real	Lucro real
-R\$ 2.361.564,04	-R\$ 7.139.330,18	-R\$ 12.717.213,23	-R\$ 14.416.873,21	-R\$ 14.803.862,17	-R\$ 18.328.514,33	-R\$ 20.714.072,05	-R\$ 23.349.429,08	-R\$ 25.424.133,56	-R\$ 26.647.824,69	-R\$ 27.930.646,20
R\$ 7.291.466,38	R\$ 4.775.652,61	R\$ 1.569.818,29	R\$ 2.357.678,06	-R\$ 153.869,16	R\$ 3.790.316,45	R\$ 4.273.635,27	R\$ 4.646.887,14	R\$ 42.712.328,28	R\$ 44.797.520,99	R\$ 46.984.810,67
-R\$ 35.611.849,50	-R\$ 30.836.196,89	-R\$ 29.266.378,61	-R\$ 26.908.700,54	-R\$ 27.062.569,71	-R\$ 23.272.253,26	-R\$ 18.998.617,99	-R\$ 14.351.730,85	R\$ 28.360.597,43	R\$ 73.158.118,42	R\$ 120.142.929,09
-R\$ 18.432.987,54	-R\$ 23.201.058,62	-R\$ 28.504.922,64	-R\$ 29.846.242,49	-R\$ 29.641.837,10	-R\$ 32.722.589,51	-R\$ 34.263.827,27	-R\$ 35.878.164,57	-R\$ 37.569.092,01	-R\$ 39.340.267,86	-R\$ 41.195.526,16
Lucro real	Lucro real	Lucro real	Lucro real	Lucro real	Lucro real	Lucro real	Lucro real	Lucro real	Lucro real	Lucro real
-R\$ 1.523.581,90	-R\$ 1.592.001,96	-R\$ 1.663.528,83	-R\$ 1.738.305,09	-R\$ 1.816.479,93	-R\$ 1.898.209,46	-R\$ 1.983.657,03	-R\$ 2.072.993,59	-R\$ 2.166.397,99	-R\$ 2.264.057,43	-R\$ 2.366.167,78
-R\$ 7.017.710,57	-R\$ 7.332.857,52	-R\$ 7.662.314,61	-R\$ 8.006.738,58	-R\$ 8.366.816,63	-R\$ 8.743.267,80	-R\$ 9.136.844,51	-R\$ 9.548.334,10	-R\$ 9.978.560,46	-R\$ 10.428.385,74	-R\$ 10.898.712,19
-R\$ 9.891.695,08	-R\$ 14.276.199,14	-R\$ 19.179.079,21	-R\$ 20.101.198,82	-R\$ 19.458.540,54	-R\$ 22.081.112,25	-R\$ 23.143.325,73	-R\$ 24.256.836,89	-R\$ 25.424.133,56	-R\$ 26.647.824,69	-R\$ 27.930.646,20
R\$ 36.746.314,35	R\$ 34.623.762,67	R\$ 32.092.931,33	R\$ 33.658.331,47	R\$ 32.176.431,48	R\$ 37.022.697,54	R\$ 38.829.360,60	R\$ 40.724.458,35	R\$ 42.712.328,28	R\$ 44.797.520,99	R\$ 46.984.810,67
R\$ 56.565.851,60	R\$ 91.189.614,27	R\$ 123.282.545,59	R\$ 156.940.877,06	R\$ 189.117.308,54	R\$ 226.140.006,08	R\$ 264.969.366,69	R\$ 305.693.825,03	R\$ 348.406.153,31	R\$ 393.203.674,30	R\$ 440.188.484,97

Ano 20	Ano 21	Ano 22	Ano 23	Ano 24	Ano 25	Ano 26	Ano 27	Ano 28	Ano 29	Ano 30
R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
R\$ -	R\$ 4.733.186,79	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
R\$ 53.757.357,36	R\$ 56.417.649,21	R\$ 59.209.591,00	R\$ 62.139.697,69	R\$ 65.214.806,65	R\$ 68.442.098,62	R\$ 71.829.089,43	R\$ 75.383.697,59	R\$ 79.114.212,75	R\$ 83.029.340,01	R\$ 87.138.215,29
R\$ 6.866.846,82	R\$ 7.206.666,66	R\$ 7.563.303,18	R\$ 7.937.588,57	R\$ 8.330.396,24	R\$ 8.742.642,79	R\$ 9.175.290,20	R\$ 9.629.348,05	R\$ 10.108.875,86	R\$ 10.605.985,63	R\$ 11.130.844,33
R\$ 2.677.707,73	R\$ 2.529.817,26	R\$ 2.363.392,04	R\$ 2.177.066,20	R\$ 1.969.388,32	R\$ 1.738.816,50	R\$ 1.483.713,13	R\$ 1.202.339,37	R\$ 892.849,31	R\$ 553.283,91	R\$ 181.564,43
R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
R\$ 75.235.246,98	R\$ 78.612.856,07	R\$ 82.143.790,62	R\$ 85.835.085,33	R\$ 89.694.100,96	R\$ 93.728.539,50	R\$ 97.946.460,17	R\$ 102.356.296,16	R\$ 106.966.872,09	R\$ 111.787.422,40	R\$ 127.474.312,13
R\$ 4.866.948,85	R\$ 5.107.799,69	R\$ 5.360.569,52	R\$ 5.625.848,17	R\$ 5.904.254,68	R\$ 6.196.438,69	R\$ 6.503.082,03	R\$ 6.824.900,23	R\$ 7.162.644,26	R\$ 7.517.102,24	R\$ 7.889.101,29
R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
R\$ 143.404.107,75	R\$ 149.874.788,90	R\$ 156.640.646,35	R\$ 163.715.285,97	R\$ 171.112.946,85	R\$ 178.848.531,11	R\$ 186.937.634,96	R\$ 195.396.581,39	R\$ 204.242.454,27	R\$ 213.493.134,18	R\$ 233.814.037,47
-R\$ 2.366.167,78	-R\$ 2.472.934,02	-R\$ 2.584.570,66	-R\$ 2.701.302,22	-R\$ 2.823.363,62	-R\$ 2.951.000,76	-R\$ 3.084.470,98	-R\$ 3.224.043,59	-R\$ 3.370.000,50	-R\$ 3.522.636,71	-R\$ 3.857.981,62
-R\$ 10.898.712,19	-R\$ 11.390.483,96	-R\$ 11.904.689,12	-R\$ 12.442.361,73	-R\$ 13.004.583,96	-R\$ 13.592.488,36	-R\$ 14.207.260,26	-R\$ 14.850.140,19	-R\$ 15.522.426,52	-R\$ 16.225.478,20	-R\$ 17.769.866,85
-R\$ 3.165.095,60	-R\$ 3.307.706,66	-R\$ 3.456.814,31	-R\$ 3.612.717,62	-R\$ 3.775.729,56	-R\$ 3.946.177,65	-R\$ 4.124.404,64	-R\$ 4.310.769,25	-R\$ 4.505.646,90	-R\$ 4.709.430,48	-R\$ 4.922.581,20
R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
-R\$ 180.000,00	-R\$ 180.000,00	-R\$ 180.000,00	-R\$ 180.000,00	-R\$ 180.000,00	-R\$ 180.000,00	-R\$ 180.000,00	-R\$ 180.000,00	-R\$ 180.000,00	-R\$ 180.000,00	-R\$ 180.000,00
-R\$ 22.158.081,67	-R\$ 22.158.081,67	-R\$ 22.158.081,67	-R\$ 22.158.081,67	-R\$ 22.158.081,67	-R\$ 22.158.081,67	-R\$ 22.158.081,67	-R\$ 22.158.081,67	-R\$ 22.158.081,67	-R\$ 22.158.081,67	-R\$ 22.158.081,67
4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%
-R\$ 25.581.598,47	-R\$ 27.498.385,67	-R\$ 29.491.844,37	-R\$ 31.565.041,41	-R\$ 33.721.166,33	-R\$ 35.963.536,25	-R\$ 38.295.600,97	-R\$ 40.720.948,28	-R\$ 43.243.309,47	-R\$ 45.866.565,12	-R\$ 48.594.750,99
R\$ 74.915.456,86	R\$ 78.554.673,27	R\$ 82.371.258,60	R\$ 86.373.881,32	R\$ 90.571.634,50	R\$ 94.974.056,67	R\$ 99.591.153,68	R\$ 104.433.421,62	R\$ 109.511.870,92	R\$ 114.838.051,57	R\$ 129.553.626,24
R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
-R\$ 0,00	-R\$ 0,00	-R\$ 0,00	-R\$ 0,00	-R\$ 0,00	-R\$ 0,00	-R\$ 0,00	-R\$ 0,00	-R\$ 0,00	-R\$ 0,00	-R\$ 0,00
R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
-R\$ 2.366.167,78	-R\$ 2.472.934,02	-R\$ 2.584.570,66	-R\$ 2.701.302,22	-R\$ 2.823.363,62	-R\$ 2.951.000,76	-R\$ 3.084.470,98	-R\$ 3.224.043,59	-R\$ 3.370.000,50	-R\$ 3.522.636,71	-R\$ 3.857.981,62
-R\$ 10.898.712,19	-R\$ 11.390.483,96	-R\$ 11.904.689,12	-R\$ 12.442.361,73	-R\$ 13.004.583,96	-R\$ 13.592.488,36	-R\$ 14.207.260,26	-R\$ 14.850.140,19	-R\$ 15.522.426,52	-R\$ 16.225.478,20	-R\$ 17.769.866,85
R\$ 82.219.547,64	R\$ 81.441.716,79	R\$ 90.321.460,52	R\$ 94.668.498,93	R\$ 99.225.751,26	R\$ 104.003.424,06	R\$ 109.012.221,08	R\$ 114.263.367,66	R\$ 119.735.449,31	R\$ 125.540.372,48	R\$ 141.253.406,34
-R\$ 27.930.646,20	-R\$ 27.666.183,71	-R\$ 30.685.296,58	-R\$ 32.163.289,64	-R\$ 33.712.755,43	-R\$ 35.337.164,18	-R\$ 37.040.155,17	-R\$ 38.825.545,00	-R\$ 39.088.052,77	-R\$ 42.659.726,64	-R\$ 48.002.158,15
-R\$ 932.126,70	-R\$ 974.186,13	-R\$ 1.018.164,20	-R\$ 1.064.149,36	-R\$ 1.112.234,15	-R\$ 1.162.515,45	-R\$ 1.215.094,63	-R\$ 1.270.077,78	-R\$ 1.327.575,95	-R\$ 1.387.705,37	-R\$ 1.519.791,24
-R\$ 4.302.123,23	-R\$ 4.496.243,67	-R\$ 4.699.219,39	-R\$ 4.911.458,58	-R\$ 5.133.388,41	-R\$ 5.365.455,93	-R\$ 5.608.129,05	-R\$ 5.861.897,44	-R\$ 6.127.273,63	-R\$ 6.404.794,08	-R\$ 7.014.421,12
R\$ 80.102.195,83	R\$ 83.720.655,76	R\$ 87.504.360,13	R\$ 91.460.933,50	R\$ 95.598.355,64	R\$ 99.924.978,19	R\$ 104.449.542,20	R\$ 109.181.196,39	R\$ 114.129.516,35	R\$ 119.304.524,64	R\$ 135.363.413,42
R\$ 63.301.911,91	R\$ 66.154.133,14	R\$ 69.136.286,22	R\$ 72.254.352,47	R\$ 75.514.591,22	R\$ 78.923.552,92	R\$ 82.488.092,76	R\$ 86.215.385,00	R\$ 90.112.937,92	R\$ 94.188.608,55	R\$ 98.450.624,05
-R\$ 8.166.961,23	-R\$ 8.537.391,49	-R\$ 8.924.709,08	-R\$ 9.329.691,96	-R\$ 9.753.154,24	-R\$ 10.195.947,93	-R\$ 10.658.964,72	-R\$ 11.143.137,81	-R\$ 11.649.443,87	-R\$ 12.178.905,11	-R\$ 13.060.509,80
-R\$ 41.195.526,16	-R\$ 41.529.601,68	-R\$ 45.174.556,37	-R\$ 47.306.953,59	-R\$ 49.540.703,01	-R\$ 51.880.653,31	-R\$ 54.331.886,40	-R\$ 56.899.728,78	-R\$ 57.980.479,79	-R\$ 62.407.841,55	-R\$ 69.629.956,62
-R\$ 13.401.211,17	-R\$ 14.007.821,28	-R\$ 14.642.092,67	-R\$ 15.305.299,89	-R\$ 15.998.776,80	-R\$ 16.723.919,32	-R\$ 17.482.188,40	-R\$ 18.275.113,03	-R\$ 19.104.293,45	-R\$ 19.971.404,50	-R\$ 21.594.722,16
Lucro real	Lucro real	Lucro real	Lucro real	Lucro real	Lucro real	Lucro real	Lucro real	Lucro real	Lucro real	Lucro real
-R\$ 27.930.646,20	-R\$ 27.666.183,71	-R\$ 30.685.296,58	-R\$ 32.163.289,64	-R\$ 33.712.755,43	-R\$ 35.337.164,18	-R\$ 37.040.155,17	-R\$ 38.825.545,00	-R\$ 39.088.052,77	-R\$ 42.659.726,64	-R\$ 48.002.158,15
R\$ 46.984.810,67	R\$ 46.155.302,77	R\$ 51.685.962,03	R\$ 54.210.591,69	R\$ 56.858.879,08	R\$ 59.636.892,50	R\$ 62.550.998,51	R\$ 65.607.876,62	R\$ 65.690.631,37	R\$ 72.178.324,98	R\$ 81.551.468,09
R\$ 120.142.929,09	R\$ 166.298.231,86	R\$ 217.984.193,88	R\$ 272.194.785,57	R\$ 329.053.664,64	R\$ 388.690.557,14	R\$ 451.241.555,65	R\$ 516.849.432,27	R\$ 582.540.063,63	R\$ 654.718.388,57	R\$ 736.269.856,65
-R\$ 41.195.526,16	-R\$ 41.529.601,68	-R\$ 45.174.556,37	-R\$ 47.306.953,59	-R\$ 49.540.703,01	-R\$ 51.880.653,31	-R\$ 54.331.886,40	-R\$ 56.899.728,78	-R\$ 57.980.479,79	-R\$ 62.407.841,55	-R\$ 69.629.956,62
Lucro real	Lucro real	Lucro real	Lucro real	Lucro real	Lucro real	Lucro real	Lucro real	Lucro real	Lucro real	Lucro real
-R\$ 2.366.167,78	-R\$ 2.472.934,02	-R\$ 2.584.570,66	-R\$ 2.701.302,22	-R\$ 2.823.363,62	-R\$ 2.951.000,76	-R\$ 3.084.470,98	-R\$ 3.224.043,59	-R\$ 3.370.000,50	-R\$ 3.522.636,71	-R\$ 3.857.981,62
-R\$ 10.898.712,19	-R\$ 11.390.483,96	-R\$ 11.904.689,12	-R\$ 12.442.361,73	-R\$ 13.004.583,96	-R\$ 13.592.488,36	-R\$ 14.207.260,26	-R\$ 14.850.140,19	-R\$ 15.522.426,52	-R\$ 16.225.478,20	-R\$ 17.769.866,85
-R\$ 27.930.646,20	-R\$ 27.666.183,71	-R\$ 30.685.296,58	-R\$ 32.163.289,64	-R\$ 33.712.755,43	-R\$ 35.337.164,18	-R\$ 37.040.155,17	-R\$ 38.825.545,00	-R\$ 39.088.052,77	-R\$ 42.659.726,64	-R\$ 48.002.158,15
R\$ 46.984.810,67	R\$ 46.155.302,77	R\$ 51.685.962,03	R\$ 54.210.591,69	R\$ 56.858.879,08	R\$ 59.636.892,50	R\$ 62.550.998,51	R\$ 65.607.876,62	R\$ 65.690.631,37	R\$ 72.178.324,98	R\$ 81.551.468,09
R\$ 440.188.484,97	R\$ 486.343.787,74	R\$ 538.029.749,77	R\$ 592.240.341,45	R\$ 649.099.220,53	R\$ 708.736.113,02	R\$ 771.287.111,53	R\$ 836.894.988,15	R\$ 902.585.619,52	R\$ 974.763.944,45	R\$ 1.056.315.412,54

- 8.14 PLANO DE NEGÓCIOS REFERENCIAL

De forma a detalhar a viabilidade econômica e financeira do projeto ao longo do prazo da concessão, foi elaborado um Plano de Negócios Referencial que reflete as premissas e projeções discutidas neste Estudo. As planilhas que compõem o Plano de Negócios Referencial serão entregues em modelo digital aberto, para que seja feita as devidas análises. Os tópicos a seguir discorrem sobre as alternativas analisadas durante a elaboração do Estudo, as premissas assumidas e os resultados obtidos.

- 8.14.1 ANÁLISE E PROJEÇÃO DE RECEITA

A estrutura de remuneração do prestador do serviço está intimamente vinculada às suas obrigações e aos indicadores a partir dos quais ela será monitorada. Dessa forma, a estrutura deverá ser tal que garanta os incentivos corretos e o melhor alinhamento de interesses entre o Poder Concedente – representando a sociedade como um todo – e o prestador como responsável pela entrega do escopo de serviços. Na PPP de destinação final de resíduos sólidos urbanos da cidade de Lauro de Freitas-BA, a estrutura de remuneração do prestador deverá ser determinada a partir da caracterização de quatro elementos básicos:

- i. Modelo de remuneração: arcabouço econômico e financeiro através do qual o Prestador será remunerado;
- ii. Metodologia de cálculo da contraprestação pública e critério de adjudicação: cálculo da remuneração do prestador e critério pelo qual um licitante poderá ser declarado vencedor no leilão de licitação;
- iii. Revisão e reajuste tarifário: critérios ordinários e/ou extraordinários de revisão da remuneração do prestador ao longo do período do contrato;

- iv. Requisitos de expansão do sistema: limite máximo de investimento ao qual o prestador deverá estar sujeito de forma a considerar as incertezas inerentes às necessidades de investimento e a demanda de serviços ao longo do período do contrato.

- 8.14.2 MODELO DE REMUNERAÇÃO DO CONCESSIONÁRIO (GESTÃO COMPARTILHADA VER LEI FEDERAL)

A estrutura de remuneração aborda o arcabouço econômico e financeiro que melhor alinha os incentivos do prestador do serviço e do Poder Concedente e que diminui os riscos inerentes à operação. Conceitualmente, incentivos entre agentes econômicos tendem a estar perfeitamente alinhados somente em situações em que esses agentes estejam completamente integrados.

Nestas condições, todos os benefícios, custos e riscos da atividade econômica são assimilados na íntegra pelas partes, o que faz com que elas tomem as decisões de longo prazo economicamente ótimas.

Apesar de todas as limitações da delegação de atividades a terceiros, dentro do contexto da sociedade econômica, a especialização de tarefas e a separação dos agentes dentro de uma mesma cadeia de valor tornam-se fundamentais para a maior eficiência na produção de itens e na prestação de serviços.

Faz-se necessário assim o estabelecimento de uma relação contratual que, mesmo teoricamente imperfeita, supera as eventuais desvantagens desta desagregação da atividade econômica.

Em outras palavras, as imperfeições inerentes a qualquer contrato entre duas partes quaisquer são compensadas e superadas pela maior eficiência na atividade econômica realizada em razão do maior nível de especialização daqueles que a desempenham. Nesse sentido, proporemos aqui um desenho de estrutura que maximiza os benefícios de se ter agentes econômicos atuando de forma eficiente nas suas especialidades e, ao mesmo tempo, minimiza as limitações naturais inerentes a uma relação contratual qualquer.

Como descrito a seguir, a caracterização dessa estrutura está baseada na composição de quatro elementos básicos:

- i. Modelo de remuneração;
  - ii. Fórmula de remuneração e critério de adjudicação;
  - iii. Revisão e reajuste tarifário;
  - v. Requisitos de expansão do sistema.
- 8.14.3 PARÂMETRO PARA AFERIÇÃO DO EQUILÍBRIO ECONÔMICO FINANCEIRO

O parâmetro ou indicador a ser usado para aferição do equilíbrio econômico-financeiro do contrato de PPP deverá ser a Taxa Interna de Retorno do projeto, calculável conforme a seguir:

$$-I + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1 + TIR)^t} = 0$$

Onde:

$I$  = investimento inicial (saída de caixa)  
 $FC$  = série de entradas de caixa ao longo do projeto  
 $n$  = número de parcelas da série  $FC$

A TIR é a taxa padrão utilizada em Análise de Investimentos e em Corporate Finance, pois representa a taxa de desconto que zera no presente o fluxo de caixa descontado (o VPL) do projeto. Ela representa, portanto, a rentabilidade intrínseca do projeto, pois considera todas as entradas e saídas futuras de caixa trazidas a valor presente que, quando subtraídas do desembolso inicial, permitem calcular interativamente a taxa representativa que anula o fluxo de caixa líquido do projeto.

A TIR deve ser necessariamente maior do que a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) para que o projeto seja atrativo do ponto de vista econômico-financeiro. Quando a TIR equivaler à TMA, será indiferente realizar ou não o projeto, muito embora nessa situação o projeto provavelmente não será empreendido sob a perspectiva da Análise de Investimentos em razão dos demais riscos envolvidos. Por este prisma o projeto só deve ser empreendido caso a TIR seja maior do que a TMA.

O valor da TMA deverá ser estabelecido com base no Custo Médio Ponderado de Capital (também conhecido como WACC) do empreendimento, já que este pondera o custo do capital próprio e o custo da dívida pela representatividade proporcional de cada um desses fatores no capital total investido no projeto.

#### ○ 8.14.4 FLUXO DE CAIXA MARGINAL

É prática corrente em PPPs o uso do fluxo de caixa marginal para correção de desequilíbrios imprevistos que afetam significativamente a rentabilidade da PPP.

A variação imprevista nestes investimentos e custos deve ser equilibrada por meio de uma variação na contraprestação que anule o VPL do fluxo de caixa descontado de ingressos e desembolsos correspondentes aos fatores de desequilíbrio da rentabilidade projetada, com o fito de restaurar o equilíbrio econômico-financeiro e a rentabilidade do contrato original sem penalizar nenhuma das duas partes.

No contrato da PPP deverá haver especificação detalhada para a forma de recomposição do equilíbrio econômico-financeiro. Para que ele anule os efeitos do fator de desequilíbrio, e seja por consequência neutro para ambas as partes, este processo deve zerar o valor presente líquido do Fluxo de Caixa Marginal projetado em razão do evento que ensejou a recomposição, levando em conta:

- Os fluxos dos dispêndios marginais resultantes do evento que deu origem à recomposição;
- Os fluxos das receitas marginais resultantes do evento que deu origem à recomposição;

- Convém igualmente que os fluxos dos dispêndios e das receitas marginais referidos acima sejam descontados pela Taxa de Desconto do Fluxo de Caixa Marginal, que deve em princípio ser determinada por ocasião das revisões periódicas dos parâmetros da concessão conforme cláusulas contratuais específicas;
- A determinação dos fluxos dos dispêndios marginais deverá utilizar critérios de mercado para estimar o valor dos investimentos, custos e despesas resultantes do evento que deu azo à necessidade de reequilíbrio econômico-financeiro da Concessão;
- Convém ainda haver ampla discussão pública acerca desta recomposição, com ênfase no(s) evento(s) causador(es) do desequilíbrio, e na metodologia adotada e na taxa referencial para desconto do fluxo de caixa marginal.

#### ○ 8.14.5 CÁLCULO DA CONTRAPRESTAÇÃO PÚBLICA E CRITÉRIO DE ADJUDICAÇÃO

Foram avaliadas as alternativas de modelos possíveis à luz de quatro critérios principais:

- i. Alinhamento de incentivos para o cumprimento das metas do contrato.

O modelo escolhido foi pensado de forma a maximizar o alinhamento de incentivos entre o Poder Concedente e o Prestador, buscando uma solução mais eficiente no longo prazo, considerando tanto os custos já internalizados no modelo econômico financeiro quanto eventuais externalidades positivas desta solução tecnológica que não estão capturadas no modelo. Proporemos uma solução que equilibre a necessidade de investimento inicial e o custo ao longo do tempo.

ii. Alocação de riscos do contrato.

Buscamos um modelo que transfira para a iniciativa privada todos os riscos que, em nossa opinião, esta tenha capacidade de gerir da forma mais eficiente para as atividades pelas quais for a responsável natural. Para as demais atividades, transferir esses riscos não é economicamente atrativo para nenhuma das partes. Os riscos transferidos para o operador privado o incentivam a encontrar uma solução mais econômica, por exemplo, transferir o risco da escolha da melhor tecnologia de destinação final em termos de economia e sustentabilidade.

iii. Implementabilidade e custo de administração da estrutura.

Este critério considera a viabilidade de se mensurar cada uma das obrigações do prestador e o custo de administração sob o ponto de vista do Poder Concedente, órgão regulatório da Prefeitura que administrará este contrato, e do prestador de serviço, que monitorará os indicadores e as obrigações. Buscamos a solução que represente o menor custo de gerenciamento para regulador e regulado, mas com especificidade suficiente para garantir a boa prestação de serviços pelo contratado. O micro gerenciamento do regulado pelo regulador foi, portanto, evitado ao máximo.

iv. Grau de financiabilidade do projeto.

O modelo de remuneração deve ser viável do ponto de vista de financiabilidade. Considerando todo o restante constante, um modelo de remuneração com uma parcela fixa

e outras duas variáveis em função do cronograma de execução e dos indicadores de desempenho assim a concessionária terá certa previsibilidade sobre o fluxo de receitas ao longo da vigência do contrato. Inicialmente, foram considerados cinco modelos de remuneração: por custo por tonelada, por item de custo, valor global, base de ativos e cost-plus.

o 8.14.6 CUSTO POR TONELADA

O modelo por custo por tonelada é tipicamente de quantidade. O provedor recebe remuneração mensal por cada tonelada de resíduo destinada. A remuneração por ponto tonelada deve cobrir todos os custos do provedor capex (cobertura do déficit, eficiência) e opex. A revisão será anual feita por através do IPCA.

o 8.14.7 METODOLOGIA DE CÁLCULO DA CONTRAPRESTAÇÃO PÚBLICA E CRITÉRIO DE ADJUDICAÇÃO

Com base na estrutura inicialmente prevista para a PPP, a modalidade de concessão mais apropriada seria uma PPP por concessão administrativa, na qual o tomador dos serviços objeto da PPP é o Poder Público (no caso, a PM LAURO DE FREITAS). A remuneração devida a eventual parceiro privado no âmbito da PPP (“Parceiro Privado”) ficaria vinculada exclusivamente à contraprestação estabelecida com a administração pública no âmbito do contrato de concessão (“Contraprestação”).

O artigo 6º da Lei de PPPs prevê as formas possíveis para pagamento da contraprestação devida pela Administração Pública em PPPs:



“Art. 6º A contraprestação da Administração Pública nos contratos de parceria público-privada poderá ser feita por:

- I – Ordem bancária;
- II – Cessão de créditos não tributários;
- III – Outorga de direitos em face da Administração Pública;
- IV – Outorga de direitos sobre bens públicos dominicais;
- V – Outros meios admitidos em lei.”

Nesse sentido, a Contraprestação será paga mediante ordem bancária, a ser realizada pela PM LAURO DE FREITAS na periodicidade prevista no contrato de concessão da PPP. O montante devido pela PM LAURO DE FREITAS a título de Contraprestação será calculado da seguinte forma:

$$CME = CP \times QD$$

- CME: Contraprestação Máxima Efetiva
- CP: Custo por Tonelada
- QD: Quantidade Total Destinada

#### ○ 8.14.8 CAPM, CONTRAPRESTAÇÃO MÁXIMA E TIR

O uso de CAPM na modelagem econômico-financeira de investimentos que apresentam *Payback* em prazos muito longos, tais como os 30 anos no caso em tela, deve ser particularmente cuidadoso. É necessário se levar em consideração especialmente a

necessidade de refletir esse longo prazo de maturidade nos *inputs* dos valores esperados, tais como:

- Retorno de *benchmarking* de mercado;
- Retorno esperado do investimento;
- Taxa livre de risco;
- A própria apuração do próprio fator  $\beta$ .

Não convém cair na armadilha de usar calculadoras de CAPM disponíveis na Internet, que funcionam bem em geral, mas que precisam ser alimentadas adequadamente com parâmetros que considerem a longa maturidade do projeto de investimento em análise neste caso. Apenas exemplificando como a desconsideração do prazo longo como premissa afeta radicalmente o cálculo da CAPM, vamos ilustrar usando [uma das calculadoras disponíveis gratuitamente na web](#). Figura 144

Escolhemos como exemplo as ações ordinárias da Cemig (CMIG3), por serem um ativo representativo de um investimento em uma empresa prestadora de serviços de utilidade pública em energia:

WR | PRATES .COM

Qualificada, veja as estatísticas como beta e desv.-padrão, e também a esperança, calculada pelo CAPM.

Digite o código da ação negociada na BMFBovespa:  
 Ex.: Petrobras PN - PETR4; Vale do Rio Doce PN - VALES; AmBev ON - ABEV3; Itaú ON - ITUB3; Gerdau ON - GGBR3.

Qual é o período que você quer utilizar?  
 Por padrão está sendo considerado 180 dias.

até

Qual é a taxa livre de risco (% a.a.)?  
 \*Dica: por padrão está sendo usada a taxa SELIC.

Resultado: CAPM e medidas de risco

Beta	Correl. com IBOV	Desv.-pad. (%)	Ret. esp. CAPM (% a.a.)
0.99	0.63	2.01	6.32

WR | PRATES .COM

Qualificada, veja as estatísticas como beta e desv.-padrão, e também a esperança, calculada pelo CAPM.

Digite o código da ação negociada na BMFBovespa:  
 Ex.: Petrobras PN - PETR4; Vale do Rio Doce PN - VALES; AmBev ON - ABEV3; Itaú ON - ITUB3; Gerdau ON - GGBR3.

Qual é o período que você quer utilizar?  
 Por padrão está sendo considerado 180 dias.

até

Qual é a taxa livre de risco (% a.a.)?  
 \*Dica: por padrão está sendo usada a taxa SELIC.

Resultado: CAPM e medidas de risco

Beta	Correl. com IBOV	Desv.-pad. (%)	Ret. esp. CAPM (% a.a.)
1.14	0.56	3.05	12.48

Figura 143. Calculadoras

No exemplo acima, a simples alteração do intervalo de tempo utilizado no cálculo de 1 para 4 anos, *coeteris-paribus* todos os demais parâmetros, quase dobrou o valor do CAPM, e aumentou em cerca de 15% o valor de  $\beta$ . Ou seja, o prazo importa – e muito.

Precisamos, portanto, proceder um cálculo de CAPM que reflita adequadamente o prazo longo do projeto, que implica maiores riscos, e isso deve ser realizado para todas as variáveis implícitas, conforme a seguir.

○ 8.14.9 VALOR DA TAXA ANUAL LIVRE DE RISCO (RF) PARA LONGO PRAZO

A taxa livre de risco representa o nível mínimo de rentabilidade. Esse indicador é geralmente representado pela taxa de juros de um país. Também pode ser classificado como o valor do dinheiro no tempo. Aplicações associadas a essa taxa são investimentos de baixo risco, geralmente de renda fixa, como a poupança e títulos públicos vendidos pelo Tesouro Direto.

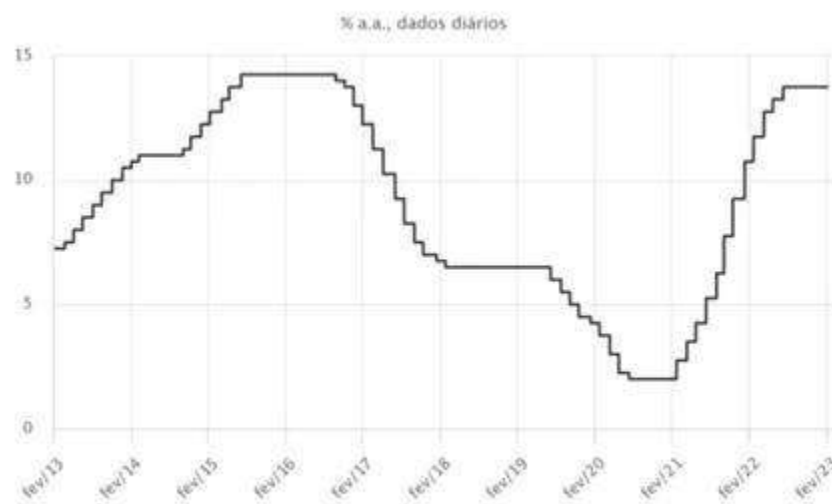
O Cálculo não é tão simples, uma vez que não existem, conceitualmente, ativos totalmente livres de risco. Isso porque ativos livres de risco precisam ter duas características: risco mínimo de inadimplência e reinvestimento.

Enquanto títulos privados são emitidos por empresas que podem sofrer com a inadimplência, e não pagar o crédito, os títulos públicos apresentam risco de reinvestimento — apesar de o governo ser considerado o devedor que tem a menor probabilidade de não pagar o crédito.

Ainda que remunerem a taxa livre de risco e, portanto, possam ser considerados ativos livres de risco nominalmente, em termos reais a rentabilidade de um título público não pode ser prevista por conta da variação da inflação no país. A volatilidade dos juros em países emergentes como o Brasil impede que a taxa CDI (que está sempre muito próxima da taxa básica de juros da economia) seja considerada efetivamente uma taxa livre de riscos. Entretanto, podemos considerar o CDI é a taxa que mais se aproxima do conceito.

Como a média histórica da Selic é muito alta, especialistas indicam usar a **Selic a 10 anos**, a média apresentada neste caso é de 8,71%.

Figura 144. Curva Selic



Ou seja, caso o projeto tenha uma taxa de retorno muito próxima de 8,71% ao ano, não será atrativo para o investidor privado a sua execução.

Para que seja atrativa, é necessário que pague um bom prêmio de risco, mais distante da rentabilidade potencial da taxa livre de riscos.

A taxa livre de risco varia principalmente por conta de dois fatores: geográfico e temporal.

Por exemplo, a economia dos Estados Unidos tem um risco de crédito menor do que o da economia brasileira. Portanto, sua taxa livre de risco será inferior à taxa livre de risco do Brasil.

Por outro lado, o prêmio de risco para quem aplica na economia americana será inferior ao da economia brasileira. O prêmio de risco soberano é uma rentabilidade adicional que incorpora o risco político de um determinado país.

Já sobre a questão temporal, quanto maior o tempo da aplicação, mais crescem as incertezas em relação a indicadores que baseiam o investimento. Por conta disso, as taxas livres de risco dos títulos públicos variam conforme o prazo de vencimento do crédito.

A taxa SELIC tem sido usada como parâmetro de juros primários (remuneração de títulos de dívida pública) desde início de março de 1999, funcionando bem como o principal instrumento de política monetária do governo. Daí decorre seu amplo uso como taxa de remuneração livre de risco.

Entre os anos de 2018 e 2021, a SELIC passou por um período de queda continuada, como resultado das tentativas por parte do Governo Federal de reverter a profunda recessão econômica e promover a retomada do crescimento econômico.

Entretanto o recurso de política monetária expansiva já está esgotado, conforme apontado de forma clara pelo [relatório do Banco Mundial](#), que deixa claro que o país somente retomará crescimento econômico sustentado após contornar o problema do déficit público e resolver

problemas estruturais, ao proceder reformas radicalmente profundas (previdenciária, tributária, administrativa, trabalhista, política e outras).

Muitas dessas reformas ainda não foram implantadas, inclusive com alguma resistência popular em temas sensíveis. Portanto o prognóstico geral é ruim, com:

- Manutenção ou aumento do déficit, que terá que ser combatido por rolagem e eventual aumento da dívida pública;
- Inflação, com tendência a um discreto aumento caso estas reformas tardem.

Estes dois fatores pressionaram o aumento significativo da taxa SELIC nos anos de 2022 e 2023. Na verdade, o [mercado futuro do índice de DI](#) já aponta nessa direção. Assim sendo, não é uma premissa realista, no cálculo do CAPM para o projeto em tela, o uso da SELIC corrente, já que estamos vivendo um “vale” do seu valor. Para 2024, a estimativa da SELIC cresceu de 9,50% para 9,75%, mesmo sentido do número para 2026, que subiu de 8,50% para 9,00%. Por fim, a projeção de 2026 se manteve em 8,50%. Portanto um período maior deve ser considerado, semelhante ao do projeto, para cobrir as variações de ciclos macroeconômicos que fatalmente ocorrerão.

Para definir um valor mais realista do CAPM podemos adotar uma de duas alternativas (ou ambas, balizando-se reciprocamente):

- Calcular uma média histórica de longo prazo; ou
- Projetar as cotações do mercado futuro de DI, também no prazo longo.

Vamos seguir aqui os dois caminhos, e comparar os resultados ao final.

A série histórica, iniciada em abril de 1999 (primeiro mês inteiro com a Selic operando como taxa básica), foi obtida no [website do Bacen](#).

A média da taxa anual, tomada ao longo dos 20 anos considerados, é de 10,14%.

Face ao comportamento histórico da SELIC e às projeções de longo prazo da taxa DI, uma das principais taxas referenciais do mercado, é bem razoável portanto supor que uma **Taxa Anual Livre de Risco (Rf)** em torno de 12% é uma estimativa realista para o período em questão.

#### ○ 8.14.10 VALOR DA TAXA REFERENCIAL DE RENDIMENTO DE MERCADO (ERM)

No caso do projeto em tela não temos uma coleção de exemplos representativos de mercado (projetos similares), com uma série histórica longa, para apurar um valor fundamentado de ERm, portanto o método comparativo deve ser descartado de saída. Devemos então recorrer à rentabilidade de ações de mercado de um segmento de mesma natureza, o de utilidades públicas (“*utilities*”) como exemplo de investimento similar.

A Bovespa criou um índice ponderado de empresas do segmento, o UTIL, mas como tem muitas ações em comum com o Ibovespa, a correlação entre os dois índices é bem próxima de 1 (vide gráfico a seguir, extraído do [website da Bovespa](#)). Como o Ibovespa tem uma série histórica muito mais longa (O UTIL foi criado em maio de 2011), podemos assumi-lo como referência de rendimento de mercado.

Este índice, por sua vez, para efeito de cálculo de uma série histórica mais representativa de rendimentos anuais, apresenta valores mais confiáveis a partir de 1995, o primeiro ano após o plano Real, daí tendo sido derivada, também a partir do [website da Bovespa](#), a média de rendimento anual até 2023 é de **13,5%**, que assumiremos como o valor de ERm.

Na parte superior do gráfico a seguir o Ibovespa está apresentado em azul, e o UTIL é a linha vermelha. O gráfico na parte inferior, em vermelho sólido, exibe a correlação dos dois índices, quase total como se pode constatar à primeira vista.

Figura 145. Comparativo Ibovespa x UTIL



#### 8.14.11 VALOR DO FATOR B

Como ocorreu no caso da taxa ERm, a definição do fator  $\beta$  não é trivial, pela falta de disponibilidade de séries longas de projetos similares. Novamente recorreremos a análogos na Bolsa de Valores, em empresas fornecedoras de utilidades públicas. No caso, selecionaremos a ação preferencial CEMIG4, que tem uma série mais longa (de valores  $\beta$  disponíveis em calculadoras) do que a CEMIG3 e sua “família” (CMiG3F e outras).

Os gráficos abaixo, extraídos do [website de cotações da Bovespa](#), demonstram visualmente a importância de usarmos a série mais extensa disponível:

Figura 146. Comparativo Ibovespa x Cotação CEMIG4 (4 anos)



Num período relativamente curto, de cerca de 4 anos, a correlação média é alta, acima de 75%:

Figura 147. Comparativo Ibovespa x Cotação CEMIG4 (6 anos)



Estendendo o período para 6 anos, a correlação média cai substancialmente, menos de 50%. Assim sendo, os gráficos acima mostram a importância de estender o período usado no cálculo de  $\beta$ . Cabe ressaltar que a Bovespa não oferece gráficos para tal fator, mas sim para a correlação  $\rho$ .

O fator  $\beta$  é um “intensificador” do fator de correlação, ao multiplicá-lo pela relação entre o desvio padrão do ativo que está sendo analisado (no caso a ação CMiG4) e o desvio padrão do mercado como um todo (no caso, o Ibovespa).

O fator de correlação  $\rho$ , limitado ao intervalo  $[-1,1]$ , diz apenas o quanto as subidas e descidas da cotação do ativo estão sincronizadas (“em fase”) com as subidas e descidas do mercado como um todo. Já o fator  $\beta$ , que não está limitado ao mesmo intervalo, permite medir não apenas esse sincronismo, mas também o quanto – seja a mais ou a menos – o ativo analisado sobe ou desce quando o mercado como um todo sobe ou desce.

O coeficiente calculado pelo beta é feito através de um rácio entre a variação da rentabilidade de um ativo ou título que se quer analisar, com a variação da rentabilidade de todo o mercado.

De forma simplificada, a fórmula considera a divisão das duas variações:

$$\beta = \frac{\Delta Ra}{\Delta Rm}$$

$\Delta Ra$  - variação no valor do ativo ou título (CMiG4);

$\Delta Rm$  - variação do índice de mercado(IBOV);

De forma mais estruturada, o Beta é calculado pela covariância entre a rentabilidade do portfólio com o ativo, dividida pela variância da rentabilidade da carteira ou do mercado:

$$\beta = \frac{Cov(Rm, Ra)}{Var(Rm)}$$

Para nosso cálculo foram utilizadas as seguintes séries históricas do índice IBOV e CMiG4.

De acordo com a série de dados analisada temos o seguinte resultado (Figura 148):

Variância (IBOV)	0,0002101
Covariância (CMiG4-IBOV)	0,0002999

Beta ( $\beta$ )	1,4275254
------------------	-----------

- 
- 8.15 CÁLCULO DO CAPM E CONTEXTUALIZAÇÃO DO RESULTADO

Já de posse dos *inputs* para o cálculo do CAPM projetado para o projeto, ou seja:

- $R_f = 12\%$
- $ER_m = 13,5\%$
- $\beta = 1,43$

Podemos aplicar os valores diretamente na fórmula:

$$R_i = R_f + \beta \times (ER_m - R_f)$$

O resultado é um  $R_i$  de 13,14%

Por definição o CAPM é igual ao  $R_i$  ou ao  $R_f$  – o que for maior. No caso, o CAPM seria de 13,14%.

- 8.16 TIR X CAPM

O investidor/concessionário que pretende realizar lucro neste projeto, a TIR deverá oferecer um prêmio de 2% a 4% sobre o CAPM, como condição mandatória para que o projeto atraia investidores e seja economicamente sustentável no longo prazo.

A TIR de 13,68%, parametrizada no modelo econômico-financeiro, está a rigor muito ajustada. Ela pode ser vista também, na perspectiva estratégica de um investidor privado, como um projeto que serviria para adicionar uma referência ao seu portfólio, criando um *case* de sucesso para então alavancar novos projetos similares no mercado, estes sim verdadeiramente lucrativos.

- 8.17 ANÁLISE VALUE FOR MONEY

A avaliação *ex-ante* de Parcerias Público-Privadas é feita na grande maioria dos casos através da metodologia *Value for Money* (VfM). Esta metodologia visa à administração otimizada dos recursos públicos, em aderência aos princípios gerais da Administração Pública com especial ênfase na eficiência e na economicidade.

Por sua vez, projetos de investimento público visam usualmente a resultados qualitativos e quantitativos. Neste contexto a metodologia VfM veio trazer objetividade e clareza nas avaliações prévias de projetos de PPP.

O objetivo principal da metodologia VfM é, genericamente, permitir ao gestor público a tomada de decisão quanto à viabilidade e à conveniência do desenvolvimento de um projeto através de PPP, em oposição à alternativa de execução do projeto diretamente por órgãos públicos.

Para este fim devem ser avaliados os aspectos quantitativos (benefícios mensuráveis, exemplo: eficiência e eficácia na alocação de recursos públicos) e os qualitativos, que por serem imponderáveis em termos puramente financeiros não são menos importantes (exemplos: satisfação do cidadão com os serviços prestados, percepção de segurança, ganhos socioeconômicos de longo prazo, benefícios a populações desatendidas, viabilização de investimentos futuros, saneamento de passivos socioeconômicos e/ou ambientais, melhoria na gestão de riscos pelo Poder Público).

Cabe lembrar que a análise Vfm visa fundamentalmente atender ao estatuto legal das PPPs – a Lei Federal 11.079/2004 - que em seu artigo 10º condiciona a abertura da licitação de uma PPP à demonstração da conveniência e da oportunidade da contratação nesta forma:

*“(...) O estudo técnico que demonstre (...) a conveniência e a oportunidade da contratação, mediante a identificação das razões que justifiquem a opção pela forma de Parceria Público-Privada.”*

O artigo 4º desta mesma lei estabelece ainda que a contratação de uma PPP fica condicionada à observância de sua sustentabilidade financeira e às vantagens socioeconômicas decorrentes do projeto.

Nessa linha é feita a seguir uma apreciação do caso específico da PPP de Destinação final dos resíduos do município de Lauro de Freitas.

#### o 8.18 ANÁLISE QUALITATIVA

A execução do projeto de destinação final dos resíduos sólidos urbanos no município de Lauro de Freitas está em linhas gerais colimado aos objetivos da Lei Federal nº 11.079 que

institui o Programa de Parcerias Público-Privadas, em especial ao estabelecido em seu artigo 1º. Esta Lei tem entre suas diversas metas a eficácia, a eficiência, a transparência e o retorno socioeconômico ao cidadão na implementação das políticas setoriais do município, com atenção aos impactos de longo prazo no orçamento municipal e aos riscos orçamentários envolvidos na prestação de bons serviços públicos de infraestrutura aos cidadãos.

A PPP deverá trazer de imediato as seguintes vantagens:

- Realização de todas as obras em 18 a 24 meses, sendo que a planta deverá estar totalmente operacional dentro deste período;
- Destinação ambientalmente correta, privilegiando a hierarquia da destinação final de acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei 12.305/2010, e o PMGRS;
- Divisão clara de papéis e responsabilidades, sem possibilidade de conflitos de interesse, ficando a Prefeitura ou consórcio no papel fiscalizador do alcance das metas contratuais da PPP por parte da Concessionária;
- Possibilidade de Interveniência de um Verificador Independente, na aferição e no reporte às Prefeituras da real situação da destinação final dos resíduos sólidos urbanos, do reaproveitamento dos resíduos e cuidados ambientais e de diversos outros indicadores;
- Vinculação do pagamento, por parte do Poder Concedente, da contraprestação à qualidade dos serviços prestados pela Concessionária, cláusula de alto poder dissuasório para a degradação dos serviços e para a falha no alcance das metas celebradas no contrato de PPP por parte desta;
- Desoneração das Prefeituras de responsabilidades não atípicas de um ente público, adjudicando ao setor privado por meio de procedimento público e transparente – a



licitação – atividades compatíveis à natureza deste, permitindo com isso melhor foco na atividade do Poder Público tais como serviços ao cidadão.

Estes benefícios qualitativos por si só já justificam plenamente, numa abordagem apriorística, a celebração de uma PPP para este projeto, em termos qualitativos. A real efetivação destes benefícios irá depender da condução adequada da PPP pelo Poder Concedente, nos termos do contrato e da legislação pertinente.

#### ○ 8.19 ANÁLISE QUANTITATIVA

A valoração dos benefícios monetários pela metodologia VfM utiliza um princípio básico da Matemática Financeira: o desconto de um fluxo de caixa gerado no período da concessão com base numa taxa referencial. São estabelecidos dois cenários para comparação dos respectivos fluxos de caixa:

- Comparativo do Setor Público (CSP), representado por todos os gastos que a Prefeitura incorreria na atividade objeto da PPP, sendo no caso em tela:
  - Investimento para implantação da usina;
  - Despesas de operação e manutenção do parque de iluminação pública;
- Concessão/PPP:
  - Despesas de contraprestação.

Note-se que na alternativa PPP o Poder Público se desonera integralmente dos investimentos (CAPEX) e do custeio (OPEX). Por outra parte, a alternativa PPP inclui a despesa de contraprestação, que é esperado representar economia real de recursos do

município. Cabe ainda ressaltar que todas as despesas de custeio e da contraprestação devem ser corrigidas pelo mesmo indicador – no caso, consideramos que o ideal é o IPCA.

O fluxo de caixa de ambas as alternativas deve ser necessariamente negativo em termos contábeis por todo o horizonte do projeto, por ser composto apenas por saídas de caixa (CAPEX e OPEX). Contudo vamos considerar aqui seus valores como positivos, sendo que um valor menor é melhor do que um valor maior. Assim, o VfM é o valor que equilibra as duas alternativas:

- VfM positivo – a PPP será a opção financeiramente mais vantajosa ao Poder Concedente, pois há uma projeção de economia real de recursos públicos;
- VfM negativo – a PPP será desvantajosa, pela razão contrária.

Múltiplas variáveis impactam nos resultados desta avaliação, e os principais são:

- O valor da contraprestação – R\$ 177,02
- A taxa de inflação – 4,00% a.a.

O primeiro destes parâmetros pode ser arbitrado pelo Poder Concedente. O segundo não, logo ele deve ser considerado uma externalidade do modelo, que tanto pode ser positiva quanto negativa.

Para prevermos o VPL dos investimentos da Prefeitura de Lauro de Freitas necessários a execução do projeto sem a necessidade de uma PPP, entendemos ser muito complicado o setor público captar investimento, montar equipe para operação e negociar sua principal receita acessória, a energia. Mesmo assim, suponhamos que o município decida implantar

por conta própria o presente projeto, investindo em valores presentes entre CAPEX e OPEX o valor presente de R\$ 635.457.220,00 (seiscentos e trinta e cinco milhões de reais).

Já valor presente líquido (VPL) do projeto, é de R\$ 15.147.276,80 (quinze milhões cento e quarenta e sete mil duzentos e setenta e seis reais e oitenta centavos).

Portanto, a Parceria Público-Privada é infinitamente vantajosa em relação ao modelo tradicional.

#### ○ 8.20 OPÇÃO DE CONTRATAÇÃO VIA PPP – LEI 11.079/04

A possibilidade de se estruturar um projeto que visa a prestação de um serviço público via Parceria Público-Privada surge quando o contexto deste projeto apresenta uma série de desafios que seriam intransponíveis, ou mesmo superáveis, porém de formas menos eficientes, sem que se considerasse a interação com entes privados.

A realização do projeto apenas pelo ente público tende a apresentar prazos maiores e custos superiores, uma vez que é necessário seguir todo o trâmite para licitação dos diversos serviços e insumos necessários (elaboração de projetos básico e executivo, fornecimento, fiscalização, etc.) individualmente, além de se estar sujeito a aditivos que podem encarecer o valor da licitação em até 25%. Outro tema relevante no caso da solução via setor público é a disponibilidade de recursos próprios e de terceiros, conforme detalhado na análise anterior.

Neste cenário complexo faz sentido considerar a opção de realização do projeto via uma PPP, de forma a otimizar a alocação de risco e contornar as limitações existentes nas alternativas. Em geral, o estabelecimento de uma PPP para a destinação final dos resíduos sólidos urbanos dos municípios traz uma série de benefícios quando comparada à empreitada realizada apenas pelo ente público, como:

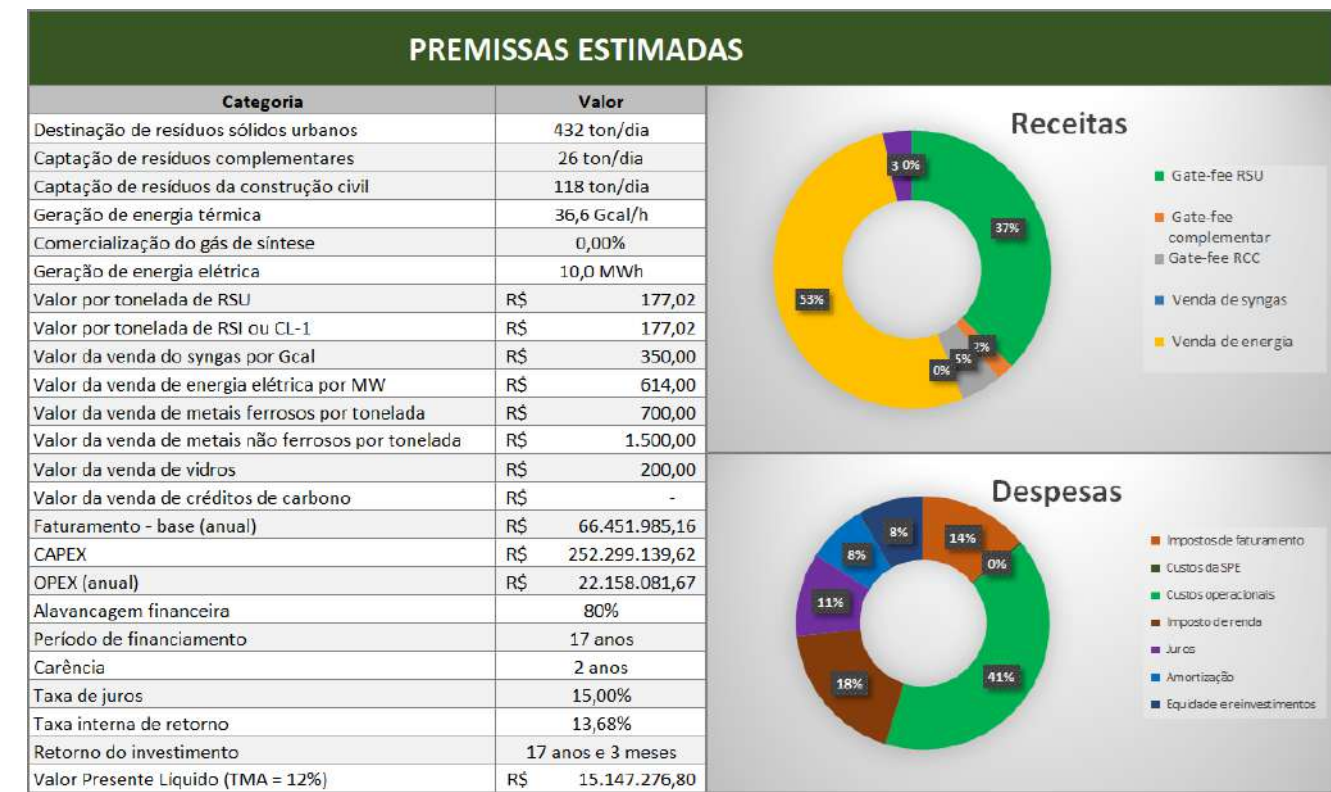
- i. Destinação ambientalmente correta, privilegiando a hierarquia da destinação final de acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei 12.305/2010 realizada por especialistas, com interesses alinhados com os do Poder Público no que toca a realização de investimentos de qualidade para que reflitam em serviços de excelência ao longo de toda a concessão;
- ii. O parceiro do setor privado aceita a responsabilidade pelos investimentos durante todo o ciclo de vida do projeto;
- iii. Mau desempenho por parte do parceiro privado é punido com contenção/dedução dos pagamentos regulares pela prestação de serviço.

Além desses pontos específicos no caso da destinação final de resíduos sólidos, a opção por PPP geralmente acarreta em outros benefícios gerais, como os já descritos inicialmente neste estudo: maior alavancagem, viabilizando mais projetos, melhor alocação de riscos, implementação mais ágil, custos menores durante a operação, incentivo ao melhor desempenho, melhor qualidade do serviço prestado e aprimoramento da administração pública, agindo como reguladora com foco no planejamento ao invés de gestão rotineira.

As PPPs no Brasil são regidas pela Lei 11.079/2004 e pelas subsequentes leis municipais e estabelecem como limite para despesas de caráter continuado derivadas das PPPs o percentual de 5% da RCL. O que deve ser alterado dentro em breve pelo Congresso nacional, os novos valores devem ser de 15% para todas as unidades da federação, acrescidos de mais 5% quando se tratar de consórcio. Para além disso, caos do espaço do Resíduo Sólido Urbano, em que temos um fluxo financeiro específico para custear os serviços devem ser excluídos dos cálculos. Caso este limite seja superado o ente federado estará sujeito a não receber transferências voluntárias ou mesmo receber garantias da União.

○ 8.21 SÍNTESE - REFERÊNCIAS DO PROJETO

Figura 149. Premissas



À empresa concessionária da PPP importa avaliar o impacto da contraprestação no retorno de seus investimentos. Este retorno é mais bem caracterizado pela TIR, taxa padrão em avaliação de investimentos, sob os pontos de vista do projeto e do acionista.

A TIR para uma contraprestação sugerida de R\$ 177,02/Ton é de 13,68%. Nesse cenário, o Payback é de 17 anos e o VPL é de de R\$ 15.147.276,80 (quinze milhões cento e quarenta e sete mil duzentos e setenta e seis reais e oitenta centavos).

# JURÍDICO

- 9. JURÍDICO

- 9.1 ANÁLISE JURÍDICO INSTITUCIONAL

A modelagem jurídica será realizada considerando que a forma de contratação indicada pelo Edital será a Concessão Administrativa (art. 2º, § 2º, da Lei Federal 11.079, de 2004) e contempla a abordagem do ambiente institucional no qual o objeto da concessão está inserido e bem como as principais diretrizes do processo licitatório.

#### 9.1.1 MARCO LEGAL

##### 9.1.1.1 ABORDAGEM GERAL

Lei Federal nº12.305/2010 – Política Nacional dos Resíduos Sólidos – DAS DIRETRIZES APLICÁVEIS À GESTÃO E GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS.

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.

§ 1º. Poderão ser utilizadas tecnologias visando à recuperação energética dos resíduos sólidos urbanos, desde que tenha sido comprovada sua viabilidade técnica e ambiental e com a implantação de programa de monitoramento de emissão de gases tóxicos aprovado pelo órgão ambiental.

Decreto Federal nº 7.404/2010 – Regulamenta a Lei Federal nº12.305/2010 da Política Nacional dos Resíduos Sólidos - DAS DIRETRIZES APLICÁVEIS À GESTÃO E GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS.

Art. 35. Na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, deverá ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. (Reforça artigo 9º da lei 12.305/10).

Art. 36. A utilização de resíduos sólidos nos processos de recuperação energética, incluindo o coprocessamento, obedecerá às normas estabelecidas pelos órgãos competentes.

Art. 37. A recuperação energética dos resíduos sólidos urbanos referida no §1º art. 9º da Lei nº 12.305/10, assim qualificados consoante o art. 13, inciso I, alínea “c”, daquela Lei, deverá ser disciplinada, de forma específica, em ato conjunto dos Ministérios do Meio Ambiente, de Minas e Energia e das Cidades.

Parágrafo único. O disposto neste artigo não se aplica ao aproveitamento energético dos gases gerados na biodigestão e na decomposição da matéria orgânica dos resíduos sólidos urbanos em aterros sanitários.

Portaria Interministerial nº 274/2019 (MMA, MDR E MINAS E ENERGIA) – Trata do Art.37 do Decreto nº 7.404/2010 - Portaria 274: Base Legal Federal que trata da recuperação energética dos resíduos sólidos urbanos.

Art. 1º. Disciplinar a recuperação energética dos resíduos sólidos urbanos, em atendimento ao disposto no art. 37 do Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010.

Art. 2º. Para efeito desta Portaria Interministerial, são adotadas as seguintes definições:

- Usina de Recuperação Energética de Resíduos Sólidos Urbanos – URE/ Usina Termoquímica de Geração Energia - UTGE: qualquer unidade dedicada ao tratamento térmico de resíduos sólidos urbanos com recuperação de energia térmica gerada pela combustão, com vistas à redução de volume e periculosidade, preferencialmente associada à geração de energia térmica ou elétrica;

#### 9.1.1.2 RESUMO SINTÉTICO DOS MARCOS LEGAIS

A seguir se apresenta um resumo sintético dos marcos legais:

Lei Federal nº12.305/2010 – Institui a Política Nacional dos Resíduos Sólidos

Decreto Federal nº 7.404/2010 – Regulamenta a Lei Federal nº12.305/2010

Portaria Interministerial nº 274/2019 (MMA, MDR E MINAS E ENERGIA) – Trata do Art.37 do Decreto nº 7.404/2010: que trata da recuperação energética dos resíduos sólidos urbanos e regulamenta a implantação de Usina de Recuperação Energética de Resíduos Sólidos Urbanos (URE), com vistas a redução dos rejeitos e a disposição final adequada.

Lei Federal nº 14.026, de 15 de julho de 2020 que instituiu o NOVO MARCO REGULATÓRIO DO SANEAMENTO BÁSICO: estabelece prazos para a disposição final ambientalmente adequada de resíduos sólidos e sua sustentabilidade econômica.

Lei Federal nº12.305/2010 – Política Nacional dos Resíduos Sólidos.

#### 9.2 COMPETÊNCIA MUNICIPAL PARA OS SERVIÇOS DE DESTINAÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS

A aferição quanto à possibilidade de delegação dos serviços públicos em questão tem como ponto de partida a verificação da competência do ente delegante.

A competência da União, em se tratando de serviço público afeto ao saneamento básico, conforme dicção do art. 23, XX, da Constituição Federal, está adstrita à edição de normas de caráter geral, com vistas ao estabelecimento de diretrizes para o desenvolvimento urbano sob o enfoque, inclusive, deste segmento. A competência, neste particular, é legislativa.

Foi amparado neste fundamento constitucional, que foi editada a Lei federal n. 11.445/07. Tal norma, voltada à disciplina das diretrizes nacionais do saneamento básico, previu que é de competência – e também, dever – dos entes locais a formulação das políticas públicas, com a elaboração dos respectivos planos de saneamento, e sua implementação, conforme art. 9º.

*Art. 9º O titular dos serviços formulará a respectiva política pública de saneamento básico, devendo, para tanto:*

*I - elaborar os planos de saneamento básico, nos termos desta Lei;*

*II - prestar diretamente ou autorizar a delegação dos serviços e definir o ente responsável pela sua regulação e fiscalização, bem como os procedimentos de sua atuação;*

A lei em questão, como já escreveu Toshio Mukai, quando “[...] dispõe sobre diretrizes gerais sobre saneamento básico, compete, do mesmo modo, ao Município, exercer a titularidade desses serviços, o que vem reforçado pelo art. 30 da Constituição Federal que, no seu inciso I diz que compete ao Município legislar sobre assuntos de interesse local, e no inciso II, suplementar a legislação federal e estadual no que couber; ainda, o artigo referido disse expressamente que compete ao Município: “organizar e prestar, diretamente ou sob regime de concessão ou permissão, os serviços públicos de interesse local, incluído o de transporte coletivo, que tem caráter essencial”.<sup>37</sup>

Com efeito, a União Federal não dispõe de competência material para a execução do serviço, do que se conclui, por consequência lógica, que não pode a mesma figurar como ente delegante.

A competência material, no caso, é municipal, não apenas por conta das regras constante do Marco Regulatório do Saneamento ou na Lei Nacional de Resíduos Sólidos, mas, por primeiro, em razão do que dispõe o art. 30, inciso V da Constituição, que conta com a seguinte redação:

*Art. 30. Compete aos Municípios:*

*I - legislar sobre assuntos de interesse local;*

*(...)*

*V - organizar e prestar, diretamente ou sob regime de concessão ou permissão, os serviços públicos de interesse local, incluído o de transporte coletivo, que tem caráter essencial;*

Afora isto, a Constituição outorgou aos Municípios a competência para a eleição e execução das políticas públicas voltadas ao desenvolvimento urbano local, consoante regra prevista no art. 182 da Carta Magna.

A competência, inegavelmente, é municipal.

Nem mesmo quando se trata de regiões metropolitanas tem-se o deslocamento da competência municipal para os Estados. Neste caso, existe apenas o compartilhamento da gestão, preservando-se a competência local.

#### ○ 9.3 A PRESTAÇÃO REGIONALIZADA DE SERVIÇOS DE SANEAMENTO

A gestão associada de serviço público, prática que não é recente, recebeu previsão constitucional por meio da modificação de redação introduzida no art. 241 do Texto Constitucional<sup>38</sup> por meio da Emenda Constitucional n. 19, em que se possibilitou a formalização de convênios de cooperação ou a criação de entes personalizados (consórcios públicos), com a finalidade de desempenho conjunto de competências individuais, como forma de melhor prestação desses serviços.

<sup>37</sup> Saneamento básico. Lumen Iuris. 2007, p. 38

<sup>38</sup> Art. 241. A União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios disciplinarão por meio de lei os consórcios públicos e os convênios de cooperação entre os entes federados, autorizando a gestão associada de serviços públicos, bem como a transferência total ou parcial de encargos, serviços, pessoal e bens essenciais à continuidade dos serviços transferidos.

A regulamentação no plano infraconstitucional somente veio no ano de 2005, por meio da Lei federal n. 11.107.

Posteriormente, a Lei Nacional do Saneamento trouxe faculdade aos entes locais, alinhada ao permissivo constitucional introduzido no ano de 1998.

Segundo consta da lei n. 11.445/07, em seu art. 14, é caracterizada pela existência de um único prestador para vários Municípios, que, inclusive, sequer precisam ser contíguos. Necessita-se, contudo, que haja uma compatibilidade de planejamento, ou seja, os planos municipais individuais devem convergir para um objetivo comum, bem como que a atividade regulatória e de fiscalização seja uniforme.

Segundo a mesma lei, a prestação regionalizada de serviços públicos de saneamento básico poderá ser realizada por órgão ou entes inseridos na estrutura administrativa dos entes municipais, como, por exemplo, autarquias, consórcios públicos, empresa públicas ou sociedades de economia mista estadual. Também se previu a possibilidade de que a prestação se dê por meio de empresa a que se tenham concedido tais serviços. Neste particular, pode-se constatar que a norma em questão, portanto, previu a possibilidade de delegação conjunta de serviço de saneamento.

O art. 8º da Lei reforça tal assertiva ao dispor que “[...] Os titulares dos serviços públicos de saneamento básico poderão delegar [...] a prestação desses serviços, nos termos do art. 241 da Constituição Federal e da Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005”.

O Marco Nacional, especificamente em relação à atividade regulatória, dispôs que as instâncias dotadas de tais competências podem ser consórcios públicos, neste caso,

submetidos a regime jurídico de direito público dada a natureza da atividade que irão desempenhar, ou ainda, por órgão ou entidade da Federação que tenha recebido delegação do titular. Neste caso, necessário a celebração de convênio de cooperação.

Por outro lado, no que se refere à lei n. 12.305/10, inexistente qualquer vedação à adoção de soluções regionalizadas. Na verdade, esta Lei, por diversas vezes, previu regras de incentivo na adoção desta formatação de prestação de serviço.

A título de exemplo, no parágrafo primeiro do art. 18, consta que “[...] serão priorizados no acesso aos recursos da União referidos no caput os Municípios que [...] optarem por soluções consorciadas intermunicipais para a gestão dos resíduos sólidos, incluída a elaboração e implementação de plano intermunicipal [...]”.

A partir dessas primeiras considerações, pode-se afirmar, sem qualquer dúvida, que a competência dos serviços de que ora se trata pertence aos Municípios, podendo estes, por opção de gestão, com vistas ao melhor desempenho desses serviços, optar pela prestação dos mesmos de forma associada.

#### ○ 9.4 MODALIDADES CONTRATUAIS APLICÁVEIS À DELEGAÇÃO DOS SERVIÇOS

Os serviços de manejo de resíduos sólidos têm natureza de serviço público, nos termos do art. 3º-C Lei Federal 11.445/2007 (“LNSB”).



A disciplina básica da delegação à iniciativa privada da prestação dos serviços públicos de manejo de resíduos sólidos foi estabelecida pela LNSB, que prevê as categorias fundamentais para estruturar projetos no setor.

Em razão da natureza de serviço público, a delegação das atividades atinentes aos serviços objeto do Projeto (“Serviços”) deve ser gerido pelo regime da Lei 8987/1995 (“Lei Federal de Concessões”), a qual, em atenção ao preâmbulo, disciplina o art. 175 da Constituição da República, divide-se em três tipos contratuais (os quais não esgotam as espécies positivas de concessão, entretanto, a saber (art. 2º, incisos II, III e IV):

a) Concessão de serviço público, como sendo a delegação de sua prestação, feita pelo poder concedente, mediante licitação, na modalidade de concorrência, à pessoa jurídica ou consórcio de empresas que demonstre capacidade para seu desempenho, por sua conta e risco e por prazo determinado;

“Art. 3º-C. Consideram-se serviços públicos especializados de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos as atividades operacionais de coleta, transbordo, transporte, triagem para fins de reutilização ou reciclagem, tratamento, inclusive por compostagem, e destinação final dos: I - resíduos domésticos; II - resíduos originários de atividades comerciais, industriais e de serviços, em quantidade e qualidade similares às dos resíduos domésticos, que, por decisão do titular, sejam considerados resíduos sólidos urbanos, desde que tais resíduos não sejam de responsabilidade de seu gerador nos termos da norma legal ou administrativa, de decisão judicial ou de termo de ajustamento de conduta; e III - resíduos originários dos serviços públicos de limpeza urbana, (...)”.

b) Concessão de serviço público precedida da execução de obra pública, como sendo a construção, total ou parcial, conservação, reforma, ampliação ou melhoramento de quaisquer obras de interesse público, delegada pelo poder concedente, mediante licitação, na modalidade de concorrência, à pessoa jurídica ou consórcio de empresas que demonstre

capacidade para a sua realização, por sua conta e risco, de forma que o investimento da concessionária seja remunerado e amortizado mediante a exploração do serviço ou da obra por prazo determinado;

c) Permissão de serviço público, como sendo a delegação, a título precário, mediante licitação, da prestação de serviços públicos, feita pelo poder concedente à pessoa física ou jurídica que demonstre capacidade para seu desempenho, por sua conta e risco.

As concessões e as permissões de serviço público, espécies de delegação de serviços públicos, têm como fundamento o art. 175 da Constituição Federal. O poder público, em que pese manter a titularidade para si dos serviços definidos pela Constituição Federal como de competência dos entes federativos (art. 21, art. 23, art. 25 e art. 30), pode delegar a prestação desses mesmos serviços para entidades privadas. Com isso, estabelece-se uma relação colaborativa entre o Estado e particulares na consecução de objetivos favoráveis a ambas as partes.

Em outras palavras, o poder público, a princípio titular da prestação dos serviços públicos, atribui o seu exercício a um particular que aceita prestá-lo em nome próprio, nas condições fixadas e alteráveis pelo poder público.

Esta delegação decorre de uma opção econômica dada a impossibilidade de o poder público arcar com a prestação eficiente e de qualidade de todos os serviços essenciais, assim considerados pela Constituição Federal. Ao permitir que os agentes privados, por questões econômicas, explorem tais atividades, o poder público lhes delega o exercício de serviço público, permanecendo, no entanto, e em última instância, titular da sua competência exclusividade.

É por isso que, apesar de tais serviços serem prestados, por delegação, pela iniciativa privada, permanecem regidos pelos princípios e regras do direito público.

Por regime de direito público entende-se, em linhas gerais, a supremacia do interesse público e o poder de império do Estado, os quais podem ser exercidos a ponto de, em situações excepcionais, desequilibrar formalmente a relação estabelecida entre o poder público e os contratados da iniciativa privada.

Daí decorre, justamente, a previsão das assim denominadas cláusulas exorbitantes do direito público, as quais caracterizam os contratos administrativos.

Nesse sentido, ao se submeterem ao regime de direito público, os Serviços devem atender aos seguintes princípios:

- a. Dever inescusável do poder público para prestar o serviço ou promover a sua prestação;
- b. Constante atualização e modernização dos serviços prestados;
- c. Universalização dos serviços;
- d. Impessoalidade da prestação, de modo a coibir quaisquer discriminações entre os usuários;
- e. Continuidade dos serviços, impossibilitando sua interrupção;
- f. Modicidade das tarifas.

Diferem-se a concessão e a permissão de serviço público, à medida em que, à luz do caráter estável da concessão, esta deverá ser formalizada por meio de um contrato administrativo bilateral, com previsão de encargos e direitos para o contratado particular, assim como para a Administração Pública. Por outro lado, a permissão, conforme disposição do art. 40, da Lei Federal de Concessões, deverá ser formalizada mediante contrato de adesão, que poderá, em princípio, ser revogado unilateralmente pelo poder público, a qualquer tempo, cabendo, em hipóteses mais limitadas comparativamente ao regime da concessão, indenização ao particular.

Com efeito, as disposições aplicáveis aos contratos de adesão são bastante restritas, uma vez que nele há uma maior limitação à liberdade da entidade privada em estabelecer mecanismos contratuais que visem resguardar seu interesse em relação à delegação da prestação do serviço público.

Portanto, não obstante a prestação do serviço público como cerne das concessões e permissões, há situações em que a operação do serviço público demanda que também sejam realizados investimentos em obras e em aquisição de bens indispensáveis para a adequada prestação do serviço público.

Nesses casos, como ocorre na delegação dos Serviços, para a prestação de serviços públicos, precedida da execução de obra ou condicionada à realização de investimentos destinados à implementação ou manutenção dos equipamentos vinculados ao objeto da outorga, recomenda-se que os contratos sejam submetidos ao regime das concessões.

Dessa forma, o regime de concessão envolve um regime jurídico mais estável, previsível e que assegura à futura concessionária o equilíbrio permanente de sua equação econômico-financeira, pelo período de tempo adequado para amortizar os investimentos realizados.

#### 9.1.2.1 CONTRATAÇÃO PÚBLICA POR MEIO DE CONCESSÃO COMUM

Sob o regime da concessão comum, nos moldes e sob os conceitos definidos pela Lei Federal de Concessões, está pressuposta a categoria de serviço público.

O serviço público figura como cerne, muitas vezes, da atividade estatal. Em que pese a inexistência de uma definição legal ou mesmo pacífica sobre o tema, é possível definir

serviço público, a teor do que ensina Celso Antônio Bandeira de Mello, como: “Toda atividade de oferecimento de utilidade ou comodidade material destinada à satisfação da coletividade em geral, mas fruível singularmente pelos administrados, que o Estado assume como pertinente a seus deveres e presta por si mesmo ou por quem lhe faça as vezes, sob regime de direito público – portanto, consagrador de prerrogativas de supremacia e de restrições especiais, instituído em favor dos interesses definidos como públicos no sistema normativo”. Em outras palavras, o serviço público é a atividade que, por determinação do Estado, é essencial para a realização do interesse público. Sendo assim, é por ele prestada, seja por meio de pessoas jurídicas integrantes da Administração Pública, direta ou indireta, seja por meio de pessoas jurídicas de direito privado legalmente permitidas para tanto.

Independentemente da modalidade de concessão ou permissão e da natureza dos serviços explorados, deverão ser observados, inexoravelmente, as diretrizes estabelecidas no art. 175 da Constituição Federal e assimiladas na legislação infraconstitucional, notadamente:

- (i) O regime das concessionárias e permissionárias de serviços públicos, o caráter especial de seu contrato e eventual prorrogação, assim como as condições de caducidade, fiscalização e rescisão da concessão ou permissão;
- (ii) Os direitos dos usuários, que não poderão ser suprimidos, reduzidos ou prejudicados pela concessão ou permissão,
- (iii) A necessidade do serviço adequado, analisado por meio do nível de satisfação dos usuários com a prestação dos serviços de que usufruem, e
- (iv) A política tarifária, isto é, as normas legais, regulamentares e contratuais que disciplinam o pagamento pelo usuário pela fruição do serviço.

Como cediço, à vista da norma constitucional de eficácia limitada, foi promulgada a Lei Federal de Concessões, que cuidou dos temas abrangidos pelo art. 175 da Constituição Federal. A Lei Federal de Concessões cria, portanto, o regime jurídico das concessões,

apresentando as diretrizes e conceitos básicos do tema e criando duas espécies de concessões (concessão de serviço público e concessão de serviço público precedida da execução de obra pública).

Posteriormente, foi promulgada a Lei Federal de PPP que criou outras duas modalidades especiais de concessão (a administrativa e a patrocinada, discutidas abaixo).

Vale ressaltar que além da Lei Federal de Concessões e da Lei Federal de PPP, que disciplinam precipuamente os contratos de concessão e PPP, outras leis federais contemplam normas aplicáveis aos referidos modelos contratuais, tais como a Lei Federal 9.074/1995 e normas setoriais, a exemplo da LNSB e da Política Nacional dos Resíduos Sólidos (“Lei 12.305/2010” ou “LNRS”), no caso dos Serviços.

Em que pese as diferenças entre o regime jurídico das PPP e o regime jurídico das concessões comuns – invariavelmente assentadas sob a remuneração da concessionária, que, na concessão comum é precipuamente feita pelo pagamento de tarifa pelos usuários, sem qualquer pagamento pecuniário pelo poder concedente, diferentemente, portanto do que se passada nas parcerias, sem prejuízo de eventuais subsídios públicos existentes sobretudo em contratos anteriores à Lei Federal de PPP.

Adicionalmente, o art. 11 admite que as concessões comuns prevejam outras fontes de remuneração “provenientes de receitas alternativas, complementares, acessórias ou de projetos associados, com ou sem exclusividade, com vistas a favorecer a modicidade das tarifas” público-privadas – seus aspectos comuns são cada vez mais reforçados.

Essa circunstância tem levado à construção de um sistema comum de concessões e parcerias público-privadas no Brasil, em que as disposições da Lei Federal de Concessões e da Lei Federal de PPP complementam-se reciprocamente.

Não há, portanto, dois regimes legais estanques, mas sim dois diplomas normativos que disciplinaram a mesma matéria – delegação de utilidades e/ou serviços públicos sob regime de direito público – e que podem ser reconduzidos a regras e princípios comuns.

A remuneração variável ao desempenho é um exemplo dessa tendência e possibilidade: embora não se encontre na Lei Federal de Concessões, e sim na Lei Federal de PPP, está sendo recorrentemente aplicada em projetos modelados como concessões comuns (veja-se por exemplo os mais recentes editais de concorrência para concessão de saneamento básico e rodovias).

Outro caso é o das receitas não tarifárias. Em nenhum momento se disse, na lei, que o art. 11 da Lei Federal de Concessões, que trata das receitas alternativas, complementares, acessórias ou de projetos associados, seria aplicável às concessões administrativas, mas nem por isso se deixa de reconhecer às concessionárias sob seu regime a possibilidade de exploração dessas mesmas receitas.

#### ○ 9.5 PARCERIAS PÚBLICO-PRIVADAS

Segundo Benjamin Zyler, há registros de exploração e manutenção das termas e dos mercados na Roma antiga, e ainda, mais adiante, nas associações de capitais reais e de particulares, no século XII, “(...) pelo Rei da Inglaterra e por um banco italiano, por meio do qual a casa bancária abriu uma mina de prata e, após explorá-la por um período pré-determinado, entregou-a ao Governo Inglês. Esse modelo difundiu-se por toda a Europa, tendo gerado, entre outras entidades, a Companhia das Índias Ocidentais, que financiou a ocupação de Pernambuco pelos holandeses”<sup>39</sup>.

<sup>39</sup> O controle externo das concessões de serviços públicos e das parcerias público-privadas. Ed. Fórum, p. 250

A Parceria Público-Privada (“PPP”), ao menos com as feições similares as dos modelos atuais, tem sua origem nos países de tradição anglo-saxônica. A criação deste modelo tem como marco histórico os denominados *project finance initiative* (PFI), implementados pela Inglaterra em meado da década de 90 do século passado.

O surgimento das *public-private partnerships*, nome que se atribuiu posteriormente, deveu-se à ausência de recursos públicos para fazer frente a uma gama de investimentos em infraestrutura.

As PPPs vieram a ser adotadas em diversos países europeus, como forma de viabilizar investimentos estratégicos em setores ou atividades de interesse dos respectivos Governos.

Especificamente no Brasil, sob forte influência do modelo europeu, a regulamentação vem com a Lei n. 11.079, de 30 de dezembro de 2004, conhecida como “Lei das PPPs”.

Importante ressaltar que a lei em questão não é o primeiro diploma normativo que trata da conjunção de esforços e interesses entre o setor público e o privado. A lei n. 8.987/95 – lei geral das concessões públicas – desde antes já previa a forma de delegação da prestação de serviços públicos a particulares. Na verdade, a previsão normativa acerca da possibilidade de concessões aparece desde a Constituição de 1988.

A PPP, como espécie do instituto das concessões públicas, constitui importante instrumento na implementação de investimentos públicos relevantes. Trata-se, sob um enfoque econômico-financeiro, de uma forma de financiar esses investimentos por meio do capital privado, sob a perspectiva de certo retorno, dividindo-se os riscos entre os parceiros, e seus efeitos materiais e financeiros.

Segundo Fernando Vernalha Guimarães, as PPPs “[...] configuram um novo modelo de arranjar financeiramente as operações contratuais da Administração, permitindo-lhe utilizar de uma lógica econômico-financeira que pressupõe a promoção antecipada de investimentos pelo capital privado para a execução e administração de empreendimentos (obras e serviços). O aspecto central da técnica concessória inerente ao modelo das PPPs não está na identidade de quem deve arcar com a receita do concessionário, se o Poder Público ou o usuário, mas no modelo de estruturação dos ajustes, cuja concepção financeira deverá propiciar o financiamento de obras e serviços pelo capital privado, recuperado e remunerado ao longo da exploração do negócio (administrado pelo parceiro privado)”<sup>40</sup>.

Essa tônica restou evidente no próprio Projeto de Lei do qual originou a Lei das PPPs, ao reconhecer que o instituto viria a suprir demandas da Administração Pública desde as áreas de segurança pública, habitação, saneamento básico, até as de infraestrutura viária ou elétrica.

Logo, a PPP, por definição legal, é uma forma de concessão pública.

Sem adentrar nas discussões de ordem doutrinária, sua categorização é de contrato administrativo. Trata-se, portanto, de uma forma de associação entre o público e o privado, contratualmente disciplinada, cuja relação jurídica por ele disciplinada submete-se, ainda que não totalmente, ao regime jurídico de direito público.

<sup>40</sup> PPP Parceria Público Privada. Saraiva, 2012, p. 52

A Lei n. 11.079/04, em seu art. 2º, dispõe que:

*Art. 2º Parceria público-privada é o contrato administrativo de concessão, na modalidade patrocinada ou administrativa.*

As definições de concessão patrocinada e concessão administrativa, constam dos parágrafos do citado artigo, conforme reprodução abaixo.

*Art. 2º(...)*

*§ 1º **Concessão patrocinada** é a concessão de serviços públicos ou de obras públicas de que trata a Lei nº 8.987, de 13 de fevereiro de 1995, quando envolver, adicionalmente à tarifa cobrada dos usuários contraprestação pecuniária do parceiro público ao parceiro privado.*

*§ 2º **Concessão administrativa** é o contrato de prestação de serviços de que a Administração Pública seja a usuária direta ou indireta, ainda que envolva execução de obra ou fornecimento e instalação de bens.*<sup>41</sup>

#### 9.5.1 CONCESSÃO PATROCINADA

<sup>41</sup> Sem destaques no original

Este modelo de contratação diferencia-se por prever a remuneração da concessionária baseada nas tarifas cobradas dos usuários, somada a uma parcela periódica de remuneração da autoridade concedente.

Assim, o arranjo contratual da concessão patrocinada, figura que é regida pela Lei Federal de PPP e subsidiariamente pela Lei Federal de Concessões, permite que a autoridade concedente pague contraprestação complementar à tarifa ao parceiro privado, tornando viável a prestação de serviços públicos que, seja pelo alto valor dos investimentos, seja pelos altos custos operacionais, não se sustentariam apenas com as receitas provenientes da cobrança de tarifas (que devem ser módicas, sob pena de impossibilidade utilização dos serviços pelos usuários, conforme o no art. 6º, § 1º, da Lei Federal de Concessões).

Ressalva-se que a contraprestação pública, contudo, está legalmente limitada a 70% (setenta por cento) do total da remuneração auferida pelo parceiro privado, salvo autorização legal em sentido contrário (Lei Federal de PPP, art. 10, § 3º).

Apesar das semelhanças existentes entre concessão patrocinada e a concessão comum, em virtude da aplicação subsidiária da Lei Federal de Concessões a esse modelo, é preciso fazer menção a algumas diferenças elementares.

Dentre elas, destacam-se aquelas que dizem respeito (i) à forma de remuneração, que compreenderá na concessão patrocinada, além da tarifa paga pelo usuário e de receitas alternativas, a contraprestação pública; e (ii) às garantias outorgadas pela autoridade concedente na concessão patrocinada, que inexistem na concessão comum.

Observa-se, assim, que, apesar da similaridade em razão da oneração de recursos públicos com vistas a assegurar a viabilidade econômico-financeira da concessão, a natureza dos

recursos públicos vinculados à concessão, nas concessões patrocinadas, é parte da remuneração da concessionária.

Por isso, em contraposição à concessão comum subsidiada, a destinação desses recursos não é assegurar a modicidade tarifária, por meio da manutenção da remuneração da concessionária, conforme a expressão matemática de sua remuneração revistas no edital e contrato, mas constitui parte da remuneração da concessionária, não tendo, por conseguinte, objetivos alheios à própria composição da receita do particular.

#### 9.5.2 CONCESSÃO ADMINISTRATIVA

A Concessão Administrativa é o contrato de prestação de serviços de que a Administração Pública seja a usuária direta ou indireta, ainda que envolva execução de obra ou fornecimento e instalação de bens (art. 2º, § 1º, da Lei Federal de PPP).

Esta modalidade é regida pela Lei Federal de PPP e, supletivamente, apenas por alguns dos dispositivos da Lei Federal de Concessões, a saber, seus artigos 21, 23, 25 e 27 a 39 (Lei Federal de PPP, artigo 3º) – com as ressalvas, feitas acima, acerca do sistema comum de concessões e parcerias público-privadas.

Cabe destacar, de início, os pontos em comum com a concessão patrocinada e distintos da concessão comum, a saber:

- a) a obrigatoriedade (e não faculdade) de constituição de sociedade de propósito específico naquelas (artigo 9º);
- b) a possibilidade de serem prestadas, pela Administração Pública, garantias de cumprimento de suas obrigações pecuniárias, no caso das parcerias público-privadas;

- c) a obrigatoriedade de expressa previsão de compartilhamento de riscos (artigo 4º, inciso VI, e artigo 5º, inciso III, da Lei Federal de PPP) e de ganhos econômicos efetivos do parceiro privado decorrentes de redução do risco de crédito dos financiamentos utilizados pelo parceiro privado (artigo 5º, IX da Lei Federal de PPP);
- d) normas específicas sobre licitação para a contratação de parcerias público-privadas, derogando, parcialmente, o disposto na Lei de Licitações e na Lei de Concessões;
- e) expressa possibilidade de aplicação de penalidades ao parceiro público em caso de inadimplemento contratual;
- f) normas limitadoras de prazo mínimo e máximo do contrato (artigo 5º, inciso I, da Lei Federal de PPP); e,
- g) imposição de limite de despesa com contratos de parcerias público-privadas (artigos 22 e 28 da Lei Federal de PPP).

Com isso, percebe-se que a concessão patrocinada e a administrativa têm diversos pontos comuns, já que boa parte das normas aplicáveis às concessões administrativas são também aplicáveis às concessões patrocinadas.

A recíproca, porém, não é verdadeira, uma vez que a concessão patrocinada e a administrativa se distinguem em relação não somente à forma de remuneração.

Enquanto o objeto principal da concessão patrocinada é a execução de serviço público e a gestão pelo parceiro privado, a concessão administrativa é vista como um misto de empreitada (porque o serviço, mesmo que prestado a terceiros, é remunerado pela própria Administração) e de concessão de um serviço.

Ademais, essas duas modalidades de concessão se distinguem em relação às garantias de execução: no caso das concessões administrativas a garantia será de 10% (dez por cento) do valor do contrato, acrescidos do valor dos bens que serão entregues a Administração Pública (artigo 56, §§ 3º e 5º, da Lei Federal de Licitações), enquanto que, no caso das

concessões patrocinadas, quando os serviços delegados forem precedidos de obra, a garantia de 10% (dez por cento) do valor do contrato pode ser acrescida do valor da obra (artigo 18, inciso XV, da Lei de Concessões).

Carlos Ari Sundfeld define as concessões administrativas como sendo os contratos de prestação de serviços de que a Administração é usuária, mediata ou imediata, em que:

- a) há investimento do concessionário na criação de infraestrutura relevante;
- b) o preço é pago periódica e diferidamente pelo concedente em um prazo longo, permitindo a amortização dos investimentos e o custeio; e
- c) o objeto não se restringe à execução de obra ou ao fornecimento de mão de obra e bens (estes, se existirem, deverão estar vinculados à prestação de serviços).

Fator diferencial da concessão administrativa em relação às demais modalidades de concessão acima apontadas é que nela não está presente a figura da tarifa cobrada dos usuários, de modo que a remuneração na concessão administrativa consistente no pagamento essencialmente feito mediante contraprestação do Poder Concedente, nos termos do art. 6º e 7º da Lei Federal de PPP.

Importante sublinhar que há três arranjos possíveis no tocante à fruição do objeto dessa modalidade de PPP, conforme ensina Floriano de Azevedo Marques Neto:

"Na primeira, o administrado é individualmente usuário direto da utilidade, mas, para fins de pagamento, a Administração comparece como usuária. É a hipótese da Concessão no modelo de usuário único dos serviços de coleta de resíduos domiciliares ou na hipótese da universalização dos serviços de acesso a internet (inclusão digital) em escolas ou centros comunitários. Na segunda, a Administração é usuária direta (para fins de utilização e pagamento), como ocorre se cogitarmos, por exemplo, de uma parceria para implantação e

operação de um centro administrativo ou de uma repartição pública. Na terceira, a Administração é considerada usuária direta para fins de pagamento e usuária indireta para fins de uso propriamente da utilidade objeto da parceria (o que ocorre numa PPP para implantação, manutenção e operação das funções delegáveis - hotelaria, por exemplo - num presídio).”

O autor infere que principal diferença entre a primeira e as suas últimas hipóteses reside no fato de que naquela a quantidade de fruição da utilidade disponibilizada na PPP será determinada pelos usuários diretos (os administrados), enquanto nas outras a Administração pode dimensionar quantidades (e custos globais) de modo mais confiável.

Como se disse, as concessões comuns possuem como característica primordial a exploração por conta e risco da CONCESSIONÁRIA, remunerada quase que exclusivamente por tarifas, o que traduz a dificuldade de sua adoção como modelo jurídico para a contratação do Projeto, face à prestação difusa e generalizada dos Serviços.

Essa característica dos Serviços, consistente na inviabilidade de apontar individualmente os usuários diretos, resulta na impossibilidade da sua mensuração e cobrança de tarifas.

A inadequação lógica da utilização do modelo da concessão comum aos serviços públicos classificados como “uti universi” ou universais propiciou que, no passado, se idealizasse a figura jurídica do chamado “usuário único”, por meio do qual o serviço era prestado a toda a comunidade, mas a contraprestação pelo serviço era feita integralmente pelos Municípios concedentes como se ele fosse o único usuário daquele serviço.

Tal modelo, de acordo com a doutrina de Direito Administrativo e os órgãos de controle, é inconsistente com a Lei Federal de Concessões, tendo sido, posteriormente, com o advento da Lei Federal de PPP, absorvido pelo atual modelo de concessão administrativa.

Além disso, a escolha pela PPP representa diversas vantagens ao Projeto, na medida em que possibilita uma alocação mais eficiente dos riscos envolvidos na contratação e estabelece incentivos financeiros à gestão competente, à redução dos custos globais do empreendimento, bem como ao alcance das metas e padrões de qualidade e disponibilidade definidos pelos Municípios.

A mesma dificuldade existente em relação às concessões comuns quanto à identificação individual dos usuários e, conseqüentemente, a inviabilidade de cobrança de tarifas aos municípios por serviços classificados uti universi ou universais (como é o caso do manejo de resíduos sólidos) impõe-se às concessões patrocinadas.

Isso porque, conforme dispõe a Lei Federal de PPP, a remuneração do parceiro privado nesta modalidade de PPP ocorre, cumulativamente, por meio de tarifa cobrada ao usuário e contraprestação pública.

Assim, dadas as características de cada um dos modelos apresentados, considerando seus respectivos regimes jurídicos, a concessão administrativa mostra-se como modelo jurídico mais aderente às premissas do Projeto.

A PPP se diferencia das concessões públicas comuns, regidas unicamente pela Lei n. 8.987/95, pelas peculiaridades na configuração da tríplice relação entre Administração, privado/concessionário e o usuário.

A lei n. 11.079/04 previu as seguintes etapas para a contratação de PPP:

- i. Elaboração de lei local instituindo a PPP;
- ii. Inclusão do projeto na programação das PPPs;
- iii. Definição da extensão do projeto;



- iv. Estruturação do fluxo financeiro;
- v. Compatibilização do projeto com o Plano Nacional e local de Saneamento;
- vi. Compatibilização com o Plano Plurianual (PPA) e Lei de Diretrizes Orçamentárias (LDO)
- vii. Análise dos impactos orçamentários;
- viii. Elaboração do edital e contrato;
- ix. Submissão do edital e contrato à consulta pública;
- x. Deflagração do processo licitatório e posterior formalização do contrato.

O município de Lauro de Freitas possui lei própria de PPP, a saber Lei nº 1525/2014, dispondo sobre todos os elementos que permitem o município celebrar parcerias com o setor privado.

- 
- 9.6 ADEQUAÇÃO DOS OBJETIVOS PRETENDIDOS PELO MUNICÍPIO À FORMATAÇÃO JURÍDICA DA PPP

A pretensão manifestada pelo ente titular da competência para a prestação dos serviços públicos é de delegar a particular a destinação e disposição final de resíduos sólidos, com redução térmica dos volumes.

Antes, é necessário constar que uma configuração hipoteticamente possível seria a formalização de contrato de prestação de serviços, regido unicamente pela lei n. 14.133/21 (“Lei Geral de Licitações”).

Esta configuração tem características que, a nosso ver, não se mostram adequadas para o atendimento do interesse do ente público.

Os contratos administrativos gerais, assim referidos como aqueles regidos unicamente pela Lei Geral de Licitações, tem seu prazo de duração limitado a 60 (sessenta) meses, o que pode ser um elemento dificultador, senão inviabilizador, para serviços que demandam investimentos significativos. Isto porque, a contraprestação devida ao particular, necessária para remunerar os serviços que irá prestar, seria inviável economicamente. Além disto, é possível que boa parte do prazo de vigência contratual fosse necessário apenas para a instalação do empreendimento.

Nesta forma de contratação, existe uma maior rigidez no tocante ao compartilhamento do risco, pois nas situações em que ocorre desequilíbrio superveniente da equação econômico-financeira do Contrato sem que haja ato imputável ao contratado - consoante construção doutrinária que se formou a partir do art. 65 da Lei Geral de Licitações - apenas a denominada álea econômica ou empresarial não justificaria a recomposição da equação original.

Dentre outros tantos argumentos que desaconselham a adoção de contratações comuns para os objetivos pretendidos está o inevitável comprometimento orçamentário imediato, haja vista que, diante do prazo contratual de, no máximo, 60 (sessenta meses) e de que o projeto comportaria investimentos altos, a contraprestação, por certo, seria igualmente elevada.

Haveria, portanto, a necessidade de adequar o orçamento do ente, o que certamente demandaria a privação de recursos de outras áreas, programas ou ações governamentais igualmente relevantes.

Por conta disto, e considerando sobretudo os elevados investimentos e a necessidade de maior tempo para amortização destes, restaria apenas a concessão de serviço público como formatação jurídica adequada.

Partindo desta premissa, resta necessário aferir se a concessão comum pode ser o instrumento idôneo para dar efetividade à pretensão do Ente Público.

A resposta, a nosso ver, é negativa.

As concessões comuns, como tratado acima, têm como lógica a delegação a particular de serviço público, precedido ou não de obra pública, o qual assume uma gama de encargos, com vistas ao recebimento de determinada contraprestação e assumindo o risco de suportar os efeitos de determinados eventos futuros. A contraprestação nesta modalidade é essencialmente tarifária.

A lei n. 8.987/95 foi estruturada tendo a tarifa, advinda do usuário do serviço, como um dos elementos caracterizadores desta forma de prestação. Note-se que a lei em questão dispensa mais de uma dezena de regras para tratar do tema. Tem-se, inclusive, um capítulo destinado unicamente a tratar da “Política Tarifária”. Não há, portanto, contraprestação direta do poder concedente.

Até mesmo os tipos de licitação, específicos para os certames que tem por objeto a delegação por meio de concessão comum remetem-se para a impossibilidade de adoção deste modelo neste caso. Verifica-se que a seleção da proposta mais vantajosa, afora o elemento da *técnica*, pode considerar a menor tarifa ou a maior contraprestação ofertada ao

poder concedente. Logo, não há, na proposta comercial do licitante, contraprestação a ser cobrada do Poder Público.

É certo que, como hipótese, seria possível a formalização de concessão comum, fixando-se que a receita do concessionário adviria de tarifa a ser cobrada do usuário. Contudo, neste caso, haveria complicadores operacionais que interfeririam nas próprias garantias do privado, como por exemplo, a dificuldade para suspensão do serviço pelo inadimplemento da tarifa. Importante constar que no caso ora tratado a pretensão do Poder Público é de delegar apenas a destinação/disposição final, o que torna inviável, ao concessionário, quantificar individualmente, para fins de tarifa, o volume de resíduos produzidos.

Mesmo que a delegação abrangesse o serviço de coleta do resíduo sólido, com o que se poderia, em tese, cogitar a possibilidade de mensuração individual, ainda assim, faltariam instrumentos para dar garantia ao adimplemento da tarifa.

Toma-se como exemplo a suspensão do serviço, atualmente, amplamente admitida no caso de abastecimento de água.

Diversamente do que ocorre para este serviço, a suspensão da coleta de lixo ocasiona acúmulo de resíduos sólidos, em prejuízo não apenas ao usuário inadimplente que foi privado da prestação, mas sim para toda a coletividade.

Desta forma, dada a opção do Poder Público local, a modelagem jurídica, possível para a delegação pretendida, é a Parceria Público-Privada.

Como tratado anteriormente, a PPP, tanto na forma patrocinada quanto na concessão administrativa, admite a contraprestação do parceiro público ao privado, o que, nas concessões comuns é inviável. E isto, não apenas pela forma como a lei n. 8.987/95 dispôs sobre as regras tarifárias, mas sobretudo pela vedação expressa contida no §3 do art. 2º, da Lei n. 11.079/04, segundo o qual “[...] Não constitui parceria público-privada a concessão comum, assim entendida a concessão de serviços públicos ou de obras públicas de que trata a Lei nº 8.987, de 13 de fevereiro de 1995, quando não envolver contraprestação pecuniária do parceiro público ao parceiro privado”.

Assim, considerando a solução de engenharia tomada como pressuposto para o atendimento da necessidade do Ente Público, a modelagem jurídica mais adequada é que consta do presente estudo.

#### ○ 9.7 ESTRUTURAÇÃO DO PROCESSO LICITATÓRIO E FORMA DE SELEÇÃO DA PROPOSTA MAIS VANTAJOSA

##### 9.7.1 PODER CONCEDENTE

Município de Lauro de Freitas, representado pela Secretaria Municipal de Administração e Projetos Estratégicos.

Amparado na Lei Municipal n. 1525/2014, já está autorizado a contratar a Parceria Público-Privada, neste caso um Contrato de Concessão Administrativa, através de licitação e contratação de uma SPE.

##### 9.7.2 MODALIDADE DE LICITAÇÃO

Concorrência pública

##### 9.7.3 CRITÉRIO DE JULGAMENTO

Menor contraprestação pecuniária mensal a ser paga pelo PODER CONCEDENTE.

##### 9.7.4 REGIME DE CONTRATAÇÃO PÚBLICA

Parceria público-privada - PPP, na modalidade concessão administrativa.

Justificativa: desoneração dos investimentos municipais a serem realizados no gerenciamento de resíduos sólidos e na limpeza pública urbana, de modo a permitir a transferência de investimentos e o compartilhamento de riscos com o setor privado.

##### 9.7.5 PRINCIPAIS FINALIDADES

Garantir solução a longo prazo para a destinação final adequada com o tratamento de 100% dos resíduos sólidos urbanos; estabelecer exigência de redução de massa para o menor volume possível de resíduos ao destino final; criar solução integrada para viabilizar os investimentos necessários e o custeio dos serviços de destinação de resíduos através da geração de energia; definir valor máximo por tonelada a ser tratada e reduzir os gastos atuais em no mínimo 10% garantindo seu valor a longo prazo; possibilitar soluções para geração de energia, como alternativa de redução de massa a ser disposta em destinação final

##### 9.7.6 OBJETO

Concessão administrativa para a implantação de usina de recuperação de materiais e geração de energia, visando à redução de massa a ser encaminhada para destino final a partir dos resíduos sólidos urbanos

#### 9.7.8 VALOR TOTAL ESTIMADO DO CONTRATO

Valor total das contraprestações a serem pagas pela prestação dos serviços.

#### 9.7.9 PRAZO DE VIGÊNCIA DO CONTRATO

Os estudos e análises econômico financeiras e jurídicas apontam um prazo de mínimo de atratividade para a concessão de 30 (trinta) anos, prorrogável até o limite legal máximo de 35 (trinta e cinco) anos, tendo em vista levando em conta o conjunto de encargos, o montante dos investimentos que serão necessários, bem como a projeção da receita e o tempo necessário de amortização.

#### 9.7.10 VISITA TÉCNICA

O Edital deverá prever agendamento de data para que as empresas interessadas realizem visita técnica, de forma facultativa.

#### 9.7.11 AUDIÊNCIA PÚBLICA

Será realizada na forma do art. 21 da Lei Federal n. 14.133/21, podendo ser presenciais ou a distância, e devem ser convocadas com, no mínimo, 8 dias úteis de antecedência.

#### 9.7.12 CONSULTA PÚBLICA

Será realizada, nos termos do art. 10, VI, da Lei Federal n. 11.079/2004, devendo o Edital prever o período de consulta pública da licitação, por meio de publicação no Diário Oficial do Município e em sítio eletrônico oficial, o qual deverá informar a justificativa para a contratação, a identificação do objeto, o prazo de duração do contrato e o seu valor estimado, com a indicação do prazo mínimo de 30 (trinta) dias para recebimento de sugestões, cujo termo final ocorrerá com, no mínimo, 7 (sete) dias de antecedência em relação à data prevista para a publicação do Edital.

#### 9.7.13 CONDIÇÕES DE PARTICIPAÇÃO

Poderão participar da licitação empresas brasileiras ou estrangeiras, isoladamente ou em Consórcio.

#### 9.7.14 RESTRIÇÕES À PARTICIPAÇÃO

*“Art. 14. Não poderão disputar licitação ou participar da execução de contrato, direta ou indiretamente:*

*I - autor do anteprojeto, do projeto básico ou do projeto executivo, pessoa física ou jurídica, quando a licitação versar sobre obra, serviços ou fornecimento de bens a ele relacionados;*

*II - empresa, isoladamente ou em consórcio, responsável pela elaboração do projeto básico ou do projeto executivo, ou empresa da qual o autor do projeto seja dirigente, gerente, controlador, acionista ou detentor de mais de 5% (cinco por cento) do capital com direito a*

voto, responsável técnico ou subcontratado, quando a licitação versar sobre obra, serviços ou fornecimento de bens a ela necessários;

III - pessoa física ou jurídica que se encontre, ao tempo da licitação, impossibilitada de participar da licitação em decorrência de sanção que lhe foi imposta;

IV - aquele que mantenha vínculo de natureza técnica, comercial, econômica, financeira, trabalhista ou civil com dirigente do órgão ou entidade contratante ou com agente público que desempenhe função na licitação ou atue na fiscalização ou na gestão do contrato, ou que deles seja cônjuge, companheiro ou parente em linha reta, colateral ou por afinidade, até o terceiro grau, devendo essa proibição constar expressamente do edital de licitação;

V - empresas controladoras, controladas ou coligadas, nos termos da [Lei nº 6.404, de 15 de dezembro de 1976](#), concorrendo entre si;

VI - pessoa física ou jurídica que, nos 5 (cinco) anos anteriores à divulgação do edital, tenha sido condenada judicialmente, com trânsito em julgado, por exploração de trabalho infantil, por submissão de trabalhadores a condições análogas às de escravo ou por contratação de adolescentes nos casos vedados pela legislação trabalhista.

§ 1º O impedimento de que trata o inciso III do **caput** deste artigo será também aplicado ao licitante que atue em substituição a outra pessoa, física ou jurídica, com o intuito de burlar a efetividade da sanção a ela aplicada, inclusive a sua controladora, controlada ou coligada, desde que devidamente comprovado o ilícito ou a utilização fraudulenta da personalidade jurídica do licitante.

§ 2º A critério da Administração e exclusivamente a seu serviço, o autor dos projetos e a empresa a que se referem os incisos I e II do **caput** deste artigo poderão participar no apoio das atividades de planejamento da contratação, de execução da licitação ou de gestão do contrato, desde que sob supervisão exclusiva de agentes públicos do órgão ou entidade.

§ 3º Equiparam-se aos autores do projeto as empresas integrantes do mesmo grupo econômico.

§ 4º O disposto neste artigo não impede a licitação ou a contratação de obra ou serviço que inclua como encargo do contratado a elaboração do projeto básico e do projeto executivo, nas contratações integradas, e do projeto executivo, nos demais regimes de execução.

§ 5º Em licitações e contratações realizadas no âmbito de projetos e programas parcialmente financiados por agência oficial de cooperação estrangeira ou por organismo financeiro internacional com recursos do financiamento ou da contrapartida nacional, não poderá participar pessoa física ou jurídica que integre o rol de pessoas sancionadas por essas entidades ou que seja declarada inidônea nos termos desta Lei.

#### 9.7.15 PARTICIPAÇÃO DE CONSÓRCIOS

Condicionada à apresentação de compromisso público ou particular de constituição de SPE, não sendo permitida a participação de membro consorciado e/ou de suas empresas controladas, controlados ou sob controle comum, em mais de um Consórcio ou isoladamente.

“Art. 15. Salvo vedação devidamente justificada no processo licitatório, pessoa jurídica poderá participar de licitação em consórcio, observadas as seguintes normas:

I - comprovação de compromisso público ou particular de constituição de consórcio, subscrito pelos consorciados;

II - indicação da empresa líder do consórcio, que será responsável por sua representação perante a Administração;

III - admissão, para efeito de habilitação técnica, do somatório dos quantitativos de cada consorciado e, para efeito de habilitação econômico-financeira, do somatório dos valores de cada consorciado;

IV - impedimento de a empresa consorciada participar, na mesma licitação, de mais de um consórcio ou de forma isolada;

V - responsabilidade solidária dos integrantes pelos atos praticados em consórcio, tanto na fase de licitação quanto na de execução do contrato.

§ 1º O edital deverá estabelecer para o consórcio acréscimo de 10% (dez por cento) a 30% (trinta por cento) sobre o valor exigido de licitante individual para a habilitação econômico-financeira, salvo justificção.

§ 2º O acréscimo previsto no § 1º deste artigo não se aplica aos consórcios compostos, em sua totalidade, de microempresas e pequenas empresas, assim definidas em lei.

§ 3º O licitante vencedor é obrigado a promover, antes da celebração do contrato, a constituição e o registro do consórcio, nos termos do compromisso referido no inciso I do **caput** deste artigo.

§ 4º Desde que haja justificativa técnica aprovada pela autoridade competente, o edital de licitação poderá estabelecer limite máximo para o número de empresas consorciadas.

§ 5º A substituição de consorciado deverá ser expressamente autorizada pelo órgão ou entidade contratante e condicionada à comprovação de que a nova empresa do consórcio possui, no mínimo, os mesmos quantitativos para efeito de habilitação técnica e os mesmos valores para efeito de qualificação econômico-financeira apresentados pela empresa substituída para fins de habilitação do consórcio no processo licitatório que originou o contrato.”

#### 9.7.16 ENVELOPES

01-A – Documentos de Habilitação;

01-B – Metodologia de Execução;

02 – Proposta Econômica.

#### 9.7.17 GARANTIA DE PROPOSTA

“Art. 58. Poderá ser exigida, no momento da apresentação da proposta, a comprovação do recolhimento de quantia a título de garantia de proposta, como requisito de pré-habilitação.

§ 1º A garantia de proposta não poderá ser superior a 1% (um por cento) do valor estimado para a contratação.

§ 2º A garantia de proposta será devolvida aos licitantes no prazo de 10 (dez) dias úteis, contado da assinatura do contrato ou da data em que for declarada fracassada a licitação.

§ 3º Implicará execução do valor integral da garantia de proposta a recusa em assinar o contrato ou a não apresentação dos documentos para a contratação.

§ 4º A garantia de proposta poderá ser prestada nas modalidades de que trata o [§ 1º do art. 96 desta Lei.](#)”

A garantia de proposta não poderá conter cláusula excludente de quaisquer responsabilidades contraídas pelo tomador da garantia relativamente à participação na licitação.

#### ○ 9.8 HABILITAÇÃO

#### 9.8.1 CONSÓRCIOS

Deverão apresentar, para sua habilitação:

(i) Compromisso público ou particular de constituição de SPE, quando da assinatura do Contrato, subscrito pelos consorciados, contendo: denominação do consórcio; composição das participações de cada empresa consorciada; organização do consórcio; objeto social; indicação da empresa líder; outorga de procuração à empresa líder para concordar com condições, transigir recorrer, compromissar-se, desistir de recorrer, e assinar documentos relativos à licitação; e,

(ii) Declaração expressa de todos os participantes do consórcio, vigente a partir da data de apresentação da proposta, de aceitação de responsabilidade solidária quanto ao objeto da licitação e cumprimento das obrigações assumidas na proposta e no plano de negócios;

Não será admitida a inclusão ou exclusão ou a substituição de integrantes de Consórcio, até a data de constituição da SPE.

#### 9.8.2 HABILITAÇÃO JURÍDICA

Documentos de constituição a serem apresentados por licitante individual ou por cada empresa membro de consórcio.

#### 9.8.3 REGULARIDADE FISCAL E TRABALHISTA

Compreende os documentos, a serem apresentados por cada licitante individual ou por cada empresa membro de consórcio, demonstrando a regularidade fiscal e trabalhista.

#### 9.8.4 QUALIFICAÇÃO ECONÔMICO-FINANCEIRA

Documentos a serem apresentados pela licitante individual ou por cada empresa membro de consórcio que comprovem a boa situação econômico-financeira da licitante.

#### 9.8.5 QUALIFICAÇÃO TÉCNICA

Serão solicitados atestados, emitidos por pessoas jurídicas de direito público ou privado, ou por órgão de regulação e/ou fiscalização, em nome da licitante ou de membro do Consórcio, devidamente registrados na entidade profissional competente, quando for o caso, que comprovem a aptidão para o desempenho de atividade pertinente e compatível em características, quantidades e prazos com o objeto da licitação, e demonstram experiência em obras e serviços de características semelhantes e de complexidade tecnológica e operacional;

No caso de alterações societárias e de fusão, incorporação ou cisão de empresas, os atestados somente serão admitidos se acompanhados de prova documental e inequívoca da transferência definitiva do acervo técnico.

Quando se tratar de Consórcio, será admitido o somatório dos quantitativos de cada consorciado, respeitadas as demais regras previstas no Edital.

O Poder Concedente poderá realizar visitas às instalações das Proponentes e aos locais onde tenham sido executados os serviços apresentados em seus atestados.

- 9.9 METODOLOGIA DE EXECUÇÃO

As descrições das metodologias e tecnologias para a prestação dos serviços correspondentes às funções de implementação, operação e manutenção do objeto da licitação deverão abranger todo o prazo da concessão e deverão atender às condições indicadas no Termo de Referência do Edital.

- 9.10 PROPOSTA ECONÔMICA

A proponente deverá indicar o valor mensal da contraprestação pecuniária, observando-se o disposto nas Diretrizes do Plano de Negócios, bem como em todas as obrigações constantes do Edital e do Contrato.

Juntamente com a Proposta Econômica, no Envelope 02, deverá ser apresentado Plano de Negócios, elaborado de acordo com as diretrizes previstas no Edital e seus anexos, a fim de que se possa verificar a exequibilidade da Proposta Econômica.

A Proposta Econômica da Licitante deverá ser compatível com seu Plano de Negócios.

A Proposta Econômica deverá conter:

(i) Planilha da Contraprestação Pecuniária Proposta com Cronograma Físico-Financeiro com os valores mensais e anuais da Contraprestação Pecuniária e fluxo de desembolso pelo Poder Concedente, considerando como data base o primeiro dia do mês de apresentação da proposta.

(ii) Declaração da Licitante de ter pleno conhecimento da natureza e extensão dos riscos por ela assumidos, e de ter levado em consideração na formulação de sua proposta os riscos previstos no Edital e no Contrato.

- 9.11 PROCEDIMENTO E JULGAMENTO

*Art. 34. O julgamento por menor preço ou maior desconto e, quando couber, por técnica e preço considerará o menor dispêndio para a Administração, atendidos os parâmetros mínimos de qualidade definidos no edital de licitação.*

*§ 1º Os custos indiretos, relacionados com as despesas de manutenção, utilização, reposição, depreciação e impacto ambiental do objeto licitado, entre outros fatores vinculados ao seu ciclo de vida, poderão ser considerados para a definição do menor dispêndio, sempre que objetivamente mensuráveis, conforme disposto em regulamento.*

*§ 2º O julgamento por maior desconto terá como referência o preço global fixado no edital de licitação, e o desconto será estendido aos eventuais termos aditivos.*

A Licitante que apresentar o menor valor da Contraprestação Pecuniária mensal será declarada vencedora.

- 9.12 ADJUDICAÇÃO E HOMOLOGAÇÃO

Na Lei 14.133/2021, a adjudicação e a homologação acontecem após o julgamento e a habilitação, seja qual for a modalidade.

- 9.13 SOCIEDADE DE PROPÓSITO ESPECÍFICO (SPE)



A licitante vencedora deverá constituir SPE, com a finalidade exclusiva de explorar o objeto da Concessão Administrativa.

A Concessionária/SPE poderá assumir, mediante prévia autorização do Poder Concedente, a condição de companhia aberta, autorizada a emitir valores mobiliários em mercados regulamentados, conforme regras e procedimentos previstos atualmente na Instrução Normativa da Comissão de Valores Mobiliários n. 48/2009.

Alienação e oferta em garantia de ações que não impliquem alteração do controle acionário deverão ser informadas ao Poder Concedente, com antecedência mínima.

Caso impliquem transferência do controle acionário, seja por meio da modificação da composição acionária e/ou por meio da implementação de acordo de acionistas, dependerão de prévia autorização do Poder Concedente.

A Concessionária deverá obedecer a padrões de governança corporativa e adotar contabilidade e demonstrações financeiras padronizadas, de acordo com as práticas contábeis adotadas no Brasil, fundadas na legislação societária (Lei n. 6.404/1976 e alterações posteriores), regras e regulamentações da Comissão de Valores Mobiliários e normas contábeis emitidas pelo Conselho Federal de Contabilidade, nos termos do art. 9º, § 3º, da Lei nº 11.079/2004.

- 9.14 CONTRATAÇÃO DE TERCEIROS

Incumbe à Concessionária a execução direta e pessoal das atividades objeto da Concessão Administrativa.

Sem prejuízo de suas responsabilidades, a Concessionária poderá contratar com terceiros o desenvolvimento de atividades inerentes, acessórias ou complementares, podendo, por sua conta e risco, contratar terceiros, desde que não implique transferência de responsabilidade pela qualidade da obra, pela prestação do serviço concedido, ou, ainda, não implique oneração do custo dos serviços ou prejudique sua qualidade ou adequação.

A Concessionária e/ou seus acionistas poderão oferecer em garantia os direitos emergentes da Concessão no intuito de obter financiamentos, desde que estes sejam necessários ao cumprimento das obrigações da Concessionária assumidas no Contrato, até o limite que não comprometa a operacionalização e continuidade dos serviços.

- 

- 9.15 PEDIDOS DE ESCLARECIMENTOS

Edital deverá demarcar data, recomendando-se até 5 (cinco) dias úteis antes da data fixada para a sessão pública de abertura do certame e que as respostas serão divulgadas em até 5 (cinco) dias úteis antes da data fixada para a mesma sessão.

- 

- 9.16 AJUSTES NORMATIVOS EM SE TRATANDO DE DELEGAÇÃO POR INTERMÉDIO DE CONSÓRCIO PÚBLICO

A delegação, se formalizada por meio de consórcio público, depende edição de lei de cada ente, de modo a formalizar a autorização para que este outorgue os respectivos serviços em nome dos entes consorciados, conforme consta do art. 1º, §3º, da Lei n. 11.107/05, *in verbis*:

*Art. 1º Esta Lei dispõe sobre normas gerais para a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios contratarem consórcios públicos para a realização de objetivos de interesse comum e dá outras providências.*

*(...)*

*§ 3º Os consórcios públicos poderão outorgar concessão, permissão ou autorização de obras ou serviços públicos mediante autorização prevista no contrato de consórcio público, que deverá indicar de forma específica o objeto da concessão, permissão ou autorização e as condições a que deverá atender, observada a legislação de normas gerais em vigor.*

Para tanto, poderia ser levado a cabo uma de lei, para cada consorciado, autorizando expressamente a posterior delegação a particular.

O texto abaixo serve como sugestão:

*LEI n. [•], de [•] de [•] de [•].*

*AUTORIZA O PODER EXECUTIVO A DELEGAR E OUTORGAR A PRESTAÇÃO DOS SERVIÇOS PÚBLICOS DE DESTINAÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS DO MUNICÍPIO DE [•], AO CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL [•], PELO REGIME DE CONCESSÃO PÚBLICA E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS".*

*A CÂMARA MUNICIPAL DE [•] aprovou e eu, Prefeito do Município de [•] sanciono a seguinte:*

*Art. 1º Fica o Poder Executivo autorizado a delegar e outorgar a prestação de serviços públicos de destinação final de resíduos sólidos do Município de [•], mediante concessão administrativa ou concessão patrocinada, na forma e nos termos desta Lei, observadas, no que couber, as disposições das Leis Federais nº 8.987 de 13 de fevereiro de 1995, nº 9.074 de 7 de julho de 1995, nº 11.079 de 30 de dezembro de 2004, nº 11.445 de 5 de janeiro de 2007 e 11.107 de 06 de abril de 2005.*

*Parágrafo único. O Poder Executivo fica autorizado a delegar e outorgar ao Consórcio [•] todas as competências previstas na Lei de Consórcios Públicos, especialmente a autorização para licitar ou outorgar concessão, permissão ou autorização da prestação dos serviços de [•] a empresa privada.*

*Art. 2º A concessão do serviço público será remunerada nos termos do disposto em Contrato de Programa a ser celebrado entre os entes consorciados.*

*Art. 3º A outorga pelo Consórcio da prestação dos serviços públicos dependerá de prévia licitação na modalidade de concorrência pública, ser precedida de audiência pública e de consulta pública do edital de concessão, observadas as normas legais aplicáveis, bem como os princípios da legalidade, da moralidade, da publicidade, da igualdade, do julgamento objetivo e da vinculação ao instrumento convocatório.*

*Art. 4º O prazo da concessão promovida pelo Consórcio será determinado no edital de licitação e no contrato, em função do estudo de viabilidade técnica e econômico-financeira da concessão.*

*Art. 5º Competirá ao Consórcio [•] adotar, com independência, todas as medidas necessárias para controle, fiscalização e desenvolvimento dos serviços concedidos, visando à preservação do interesse público.*

*Art. 6º Esta Lei entra em vigor na data de sua publicação.*

Posteriormente, mostra-se necessário a adequação do Protocolo de Intenções/Contrato de Consórcio, para fazer constar autorização para gestão associada, com expressa menção da possibilidade de outorga dos serviços.

Assim consta do art. 4º:

*Art. 4º São cláusulas necessárias do protocolo de intenções as que estabeleçam:*

*(...)*

*XI – a autorização para a gestão associada de serviços públicos, explicitando:*

*(...)*

*c) a autorização para licitar ou outorgar concessão, permissão ou autorização da prestação dos serviços;*

Por último, os ajustes no tocante à prestação dos serviços, conforme necessidades dos consorciados, deverão constar de contrato de programa, a teor do art. 13, da Lei n. 11.107/05.

- 
- 9.17 VIABILIDADE TÉCNICA, OPERACIONAL E ECONÔMICO FINANCEIRA

A presente modelagem jurídica é resultado da consolidação dos estudos de viabilidade técnica, ambiental e econômico-financeira para a execução do projeto, concebido, frisa-se, de forma financeiramente viável.

Os Estudos demonstraram que o modelo de PPP sugerido é o mais apto à consecução dos objetivos pretendidos pelo Poder Público.

Na elaboração da modelagem financeira, foi realizada a avaliação criteriosa do custo do serviço e do preço a ser pago pelo Poder Público, bem como das principais variáveis que interferem na viabilidade financeira do projeto.

De igual forma, consta no Estudo especificação detalhada dos custos operacionais associados à implantação do projeto e dos investimentos, bem como das obrigações que serão contraídas pelas partes.

#### ○ 9.18 SISTEMÁTICA DE GARANTIAS

O estabelecimento de garantias é indispensável para adequada execução do objeto, inclusive para proteção do próprio interesse da população com a disponibilização de serviço adequado.

Para tanto, estabeleceu-se um conjunto de obrigações para o concessionário, acompanhadas de sanções e, ainda, das garantias, do parceiro privado ao parceiro público, usualmente adotadas, no caso:

- i. Caução em moeda corrente do país;
- ii. Caução em títulos da dívida pública, desde que não gravados com cláusulas de inalienabilidade e impenhorabilidade, ou adquiridos compulsoriamente;
- iii. Seguro-garantia;
- iv. Fiança bancária.

Além disto, previu-se mecanismos para preservação da garantia durante toda a execução contratual, criando-se obrigação para o concessionário de restabelecimento da garantia caso dela faça uso o Poder Público. A liberação das garantias ofertadas ocorrerá apenas com advento do termo do contrato.

Como medida de razoabilidade, previu-se uma redução gradativa da garantia, a partir da amortização dos investimentos e da diminuição da vigência contratual.

Previu-se também instrumentos de controle e fiscalização, que possibilitem, de modo efetivo, o acompanhamento das atividades desempenhadas pelo concessionário.

Por outro lado, como garantia prestada pelo Parceiro Público ao concessionário, a proposta considera, como aspecto central, basicamente as questões de ordem financeira, especificamente no tocante à regularidade dos pagamentos.

Nesta linha, adotou-se a vinculação da receita da taxa correspondente, conforme permissivo legal contido no art. 8º, inciso I, da Lei n. 11.079/04:

*Art. 8º As obrigações pecuniárias contraídas pela Administração Pública em contrato de parceria público-privada poderão ser garantidas mediante:*

*I – vinculação de receitas, observado o disposto no inciso IV do art. 167 da Constituição Federal.*

(...)

Como parte do conjunto de garantias, a proposta engloba a existência de e manutenção permanente de conta vinculada, denominada de conta de pagamento, com saldo mínimo de 3 (três) contraprestações mensais, cuja movimentação seguirá regras com um mínimo de rigidez. Os pagamentos ocorrerão por meio de instituição depositária, que os fará à vista de documentos liberatórios, conforme previsto na minuta do Contrato. Com isto, estabelece-se uma maior objetividade nos pagamentos, de modo a dar maior celeridade e segurança, mantendo, por certo, mecanismos à disposição do Poder Concedente para, se for o caso, obstar qualquer pagamento que venha a ser indevido.

Na forma como proposta, também se viabiliza a possibilidade, ao Poder Concedente, da adoção dos atos e providências próprios do processamento da despesa pública, nos termos da Lei n. 4.320/64.

#### o 9.19 EQUILÍBRIO ECONÔMICO-FINANCEIRO E ALOCAÇÃO DE RISCOS

A equação econômico-financeira, nas palavras de Marçal Justen Filho, "se delinea a partir da elaboração do ato convocatório. Porém, a equação se firma no instante em que a proposta é apresentada. Aceita a proposta pela Administração, está consagrada a equação

econômico-financeira dela constante. A partir de então está protegida e assegurada pelo direito".<sup>42</sup>

Uma das características de todo contrato administrativo é sua mutabilidade, sendo legalmente admitido, inclusive, que a Administração Pública, nesses contratos - submetidos a regime de direito público - tenha a prerrogativa de alterá-los ou rescindi-los de forma unilateral, afora outras prerrogativas. A existência dessas cláusulas exorbitantes - denominação que a doutrina adotou para referenciar as prerrogativas da Administração Pública quando investida na condição de contratante - tem sua razão de ser na própria tutela do interesse público.

Entretanto, as normas vigentes estatuíram limitações a essas prerrogativas, prevendo, inclusive, mecanismos de proteção em relação a determinadas questões, regras contratuais constituidoras de direitos dos contratados, como é o caso da equação econômico-financeira do contrato.

O equilíbrio econômico-financeiro do contrato, assim entendido como a preservação de equivalência dos encargos assumidos pelo contratado e a sua retribuição financeira, é uma das características centrais das contratações envolvendo a Administração Pública. Não se trata de direito ou dever das partes, ou um benefício contratual, como por vezes se tenta equivocadamente associar. Não se trata de favorecimento ao contratado, ou mesmo ao contratante, pois se assim fosse se adentraria no campo do ilícito. Isso porque, se houvesse aumento da retribuição/remuneração sem causa para tanto, haveria enriquecimento ilícito do particular/contratado. Do contrário, e também absolutamente verdadeiro, se houvesse

aumento dos encargos em relação ao originalmente pactuado, e não fosse permitida a adequação da contraprestação devida, também estaria caracterizado enriquecimento ilícito, dessa vez, da Administração.

O equilíbrio econômico-financeiro está diretamente ligado ao próprio interesse público que a contratação se presta a atender. Sua manutenção significa assegurar a regularidade da própria execução do contrato, cujo reflexo mediato é a consecução do interesse público que se quis tutelar com a contratação.

Como já escreveu Marçal Justen Filho:

*"Reconhece-se que a equação econômico-financeira é intangível, na acepção de que, uma vez aperfeiçoada, não pode ser infringida. A manutenção do equilíbrio econômico-financeiro consiste na impossibilidade de alterar apenas um dos ângulos da equação. Não é possível alterar, quantitativa e qualitativamente, apenas o âmbito dos encargos ou tão-somente o ângulo das retribuições. Se forem adicionados encargos, rompe-se o equilíbrio, a não ser que também se ampliem as retribuições. Idêntico raciocínio aplica-se em caso de redução dos encargos, o que acarretaria a necessidade de redução das retribuições."*<sup>43</sup>

A tutela do equilíbrio econômico-financeiro tem sua disciplina normativa primeira no próprio Texto Constitucional. O inciso XXI, do art. 37, ao prever a obrigatoriedade da realização de licitação, foi mais além, fixando diretrizes para a normatização em sede infraconstitucional,

<sup>42</sup> Comentários à lei de licitações, 12ª ed. Dialética 2008 p.717

<sup>43</sup> Comentários à lei de licitações, 12ª ed. Dialética 2008 p.390

dentre quais, destaca-se o equilíbrio econômico-financeiro, traduzido na expressão “...mantidas as condições efetivas da proposta...”, como se observa abaixo:

“Art. 37 [...]

*XXI - ressalvados os casos especificados na legislação, as obras, serviços, compras e alienações serão contratados mediante processo de licitação pública que assegure igualdade de condições a todos os concorrentes, com cláusulas que estabeleçam obrigações de pagamento, mantidas as condições efetivas da proposta, nos termos da lei, o qual somente permitirá as exigências de qualificação técnica e econômica indispensáveis à garantia do cumprimento das obrigações.”*

No plano infraconstitucional, a lei federal n. 14.133/21 - na mesma linha do que já dispunha o revogado Decreto-lei n. 2300/86, ao tratar das formas de alteração dos contratos, previu a possibilidade de sua modificação com vistas a preservar o equilíbrio entre encargos/remuneração.

“Art. 124. Os contratos regidos por esta Lei poderão ser alterados, com as devidas justificativas, nos seguintes casos:

*I - unilateralmente pela Administração:*

*a) quando houver modificação do projeto ou das especificações, para melhor adequação técnica a seus objetivos;*

*b) quando for necessária a modificação do valor contratual em decorrência de acréscimo ou diminuição quantitativa de seu objeto, nos limites permitidos por esta Lei;*

*II - por acordo entre as partes:*

*a) quando conveniente a substituição da garantia de execução;*

*b) quando necessária a modificação do regime de execução da obra ou do serviço, bem como do modo de fornecimento, em face de verificação técnica da inaplicabilidade dos termos contratuais originários;*

*c) quando necessária a modificação da forma de pagamento por imposição de circunstâncias supervenientes, mantido o valor inicial atualizado e vedada a antecipação do pagamento em relação ao cronograma financeiro fixado sem a correspondente contraprestação de fornecimento de bens ou execução de obra ou serviço;*

*d) para restabelecer o equilíbrio econômico-financeiro inicial do contrato em caso de força maior, caso fortuito ou fato do príncipe ou em decorrência de fatos imprevisíveis ou previsíveis de consequências incalculáveis, que inviabilizem a execução do contrato tal como pactuado, respeitada, em qualquer caso, a repartição objetiva de risco estabelecida no contrato.*

*§ 1º Se forem decorrentes de falhas de projeto, as alterações de contratos de obras e serviços de engenharia ensejarão apuração de responsabilidade do responsável técnico e adoção das providências necessárias para o ressarcimento dos danos causados à Administração.*

*§ 2º Será aplicado o disposto na alínea “d” do inciso II do caput deste artigo às contratações de obras e serviços de engenharia, quando a execução for obstada pelo atraso na conclusão de procedimentos de desapropriação, desocupação, servidão administrativa ou licenciamento ambiental, por circunstâncias alheias ao contratado.*

*Art. 125. Nas alterações unilaterais a que se refere o [inciso I do caput do art. 124 desta Lei](#), o contratado será obrigado a aceitar, nas mesmas condições contratuais, acréscimos ou supressões de até 25% (vinte e cinco por cento) do valor inicial atualizado do contrato que*

se fizerem nas obras, nos serviços ou nas compras, e, no caso de reforma de edifício ou de equipamento, o limite para os acréscimos será de 50% (cinquenta por cento).”

Em sintonia com esses regramentos, a minuta do Contrato prevê instrumentos para preservação da contraprestação mensal em face de perdas inflacionárias, por meio do reajuste, tomando como data-base para o primeiro reajuste a data de apresentação das propostas na licitação. Tal opção encontra amparo no art. 92 da Lei n. 14.133/21, conforme abaixo.

“Art. 92 (...)

*§ 3º Independentemente do prazo de duração, o contrato deverá conter cláusula que estabeleça o índice de reajustamento de preço, com data-base vinculada à data do orçamento estimado, e poderá ser estabelecido mais de um índice específico ou setorial, em conformidade com a realidade de mercado dos respectivos insumos.*

*§ 4º Nos contratos de serviços contínuos, observado o interregno mínimo de 1 (um) ano, o critério de reaj. ajustamento de preços será por:*

*I - reajustamento em sentido estrito, quando não houver regime de dedicação exclusiva de mão de obra ou predominância de mão de obra, mediante previsão de índices específicos ou setoriais;*

*II - repactuação, quando houver regime de dedicação exclusiva de mão de obra ou predominância de mão de obra, mediante demonstração analítica da variação dos custos.*

(...)”

Além disto, o equilíbrio econômico-financeiro também é preservado por meio das revisões, tomando como elemento balizador a alocação de riscos. Neste particular, para o Concedente, em linhas gerais, a alocação do risco está ligada àquelas situações inerentes ao fato do princípio e fato da administração.

Por outro lado, em relação ao concessionário, o risco considera essencialmente a ocorrência de fatos a ele imputados, além do risco da demanda. Com efeito, no tocante aos primeiros, em havendo a verificação de fatos cuja ocorrência tenha sido causada pelo concessionário, o que para tanto o mesmo concorreu, deve ele suportar as consequências financeiras decorrentes.

Especificamente acerca da demanda, tal variável está relacionada com a própria viabilidade do projeto. Por conta disto, quer parecer que o risco deva ser alocado ao Poder Concedente desde que ultrapassado certo patamar de variação. É certo, porém, que o Ente licitante deverá fixar qual parâmetro de variação, considerando seu histórico, que pode ser diverso daquele que, por conta dos estudos técnico-financeiros, foi sugerido.

Assim, conclui-se que a proposta de Parceria Público-Privada para a delegação pretendida, mostra-se juridicamente viável.

- 10. MATRIZ DE RISCO

A Matriz abaixo tem por objetivo apresentar os riscos da CONCESSÃO ADMINISTRATIVA, contendo a identificação do risco, alocação, consequência e medidas para mitigação. A responsabilidade pelos riscos é exclusiva e integralmente a quem estiver alocado.

A matriz de risco é exposta a seguir:



Item	Risco	Definição	Alocação	Consequência	Mitigação/Mecida
<b>RISCOS DA LICITAÇÃO</b>					
1	Erros e omissões na proposta comercial	Constatação Superveniente de erros ou omissões na proposta comercial	Privado	Custos Adicionais.	<ul style="list-style-type: none"> <li>A concessionária e responsável pela proposta comercial apresentada.</li> </ul>
2	Indisponibilidade de recursos para implantar projeto	Risco de que o capital para implantar o projeto (sua forma de dívida ou de participação acionária) não esteja disponível no mercado nos montantes e condições programadas	Privado	Falta de recursos para implantar os projetos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Serão pedidos, para fins de habilitação, a garantia de execução do contrato e indicadores e financeiros que demonstrem a capacidade de suporte do projeto da magnitude do licitado.</li> </ul>
3	Erro ou omissão dos estudos, documentos e projetos	Erro ou omissão nos estudos documentos e projetos entregues pelo governo.	Privado	Atraso e custos associados.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Período em consulta pública para análise dos estudos e documentos pelo parceiro Privado no momento da participação da licitação;</li> <li>Em caso de documentos a serem elaborados pelo concessionário (plano de negócios), o risco será suportado pelo Privado (apenas para esclarecer, serão disponibilizados os</li> </ul>

					<p>indicadores necessários para que sejam feitos os devidos estudos e se chegue, ao fazer a proposta, um projeto com alto grau de precisão);</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Lembrar o que os estudos entregues pelo poder concedente são meramente referenciais cabendo ao concessionário levantamento de maiores informações.</li> </ul>
4	Vencedor da licitação seria incapaz de cumprir o contrato	O risco que a concessionária ser inapta a promover os serviços estabelecidos no contrato ou se tornar insolvente, ou simplesmente não deter as credenciais financeiras indispensáveis para viabilizar o projeto	Privado	Aplicação de multas, outras penalidades, intervenção, caducidade.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Credenciais técnicas, econômicas e financeiras apresentadas na licitação pelos parceiros Privados;</li> <li>Exigência de seguros e garantias de completude e desempenho da concessionária;</li> <li>Previsão de penalidades e multas para o caso de não cumprimento do contrato pela concessionária;</li> <li>Sistema de gerenciamento de situação de inadimplemento e conflito como intervenção em último caso, caducidade.</li> </ul>
5	Projeto	Risco de o projeto ser inadequado para a prestação dos serviços na forma definida	Privado	Aumento dos custos de implantação e operação dos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Poder concedente disponibiliza o estudo de concepção e anteprojeto para os serviços;</li> </ul>

				serviços de sua inadequação.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poder concedente pode reduzir o pagamento da contraprestação caso os níveis do serviço contratualmente pactuados não forem atingidos;</li> <li>• Em última instância pode decretar a caducidade do contrato;</li> <li>• Os custos do projeto executivo e da execução do mesmo são da concessionária logo, e de total interesse da mesma garantir eventuais adequações necessárias à melhores recusam cabendo ao poder Público aceitar eventuais adequações que se façam necessárias anteriormente à execução.</li> </ul>
6	Problemas de projeto em virtude de atos do poder Público	Concessionária é obrigada a realizar projetos básico e executivo mais oneroso por culpa do poder Público ou ato do poder Público que impossibilita a execução do projeto	Público	Má qualidade na prestação do serviço em atraso do cronograma.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caso o poder Público altere o projeto após a assinatura do contrato, onerando a concessionária poderá haver solicitação de equilíbrio econômico;</li> <li>• Para evitar problemas relacionados à área a serem adquiridas para a estruturação da unidade de tratamento, a decisão dentre as opções diárias deve ser</li> </ul>

					preferencialmente feita em conjunto com a concessionária para que esta opção seja precedida das devidas análises técnicas.
7	Problemas de projeto em virtude da concessionária	Concessionária é obrigada a realizar projeto básico mais oneroso por sua própria culpa	Privado	Má qualidade na prestação do serviço e atraso no cronograma .	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inserção de cláusula contratual dispondo que a concessionária é responsável por realizar, por sua conta e risco às investigações, os levantamentos e os estudos e elaborar e manter atualizados os projetos de engenharia, sendo também responsável pela qualidade do projeto;</li> <li>• Não haverá direito a recomposição do equilíbrio econômico-financeiro do contrato.</li> </ul>
8	Problemas de projeto em virtude de caso fortuito ou força maior	Concessionária é obrigada a realizar projeto básico mais oneroso em virtude de caso fortuito ou força maior	Compartilhado	Aumento de custos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Responsabilidade da concessionária até o valor definido no edital que deve ser segurado e o restante Compartilhado;</li> </ul>
9	Projeto de estruturação de baixa qualidade	Projeto com baixa vida útil da estrutura construída	Privado	Má qualidade na prestação do serviço; aumento de custos;	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poder concedente deverá estabelecer parâmetros de qualidade técnica do projeto e da vida útil mínima das</li> </ul>

				prejuízos ao poder Público.	<p>estruturas equipamentos a ser garantida no edital;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Obrigação de cumprimento do projeto aprovado no prazo estabelecido, sob pena de multa;</li> <li>Recomenda-se a previsão de cláusula expressa que regula o final do contrato (para evitar a redução da qualidade no final da concessão).</li> </ul>
<b>RISCOS DE CONSTRUÇÃO</b>					
10	Descumprimento do cronograma de obras	<p>Não atendimento ao cronograma por questões diversas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Modificação de projeto a pedido do parceiro Privado.</li> <li>Modificação de projeto e/ou cronograma a pedido da municipalidade;</li> <li>Estimativa de custo e tempo incorretos;</li> <li>Problemas geológicos.</li> </ul>	<p>Privado se o descumprimento for derivado de ação do mesmo ente Privado; Compartilhado se o descumprimento for derivado de acordo prévio; Público se o descumprimento for derivado de ação do mesmo ente público;</p>	<p>Multas contratuais, término antecipado do contrato, paralisações das obras, reprogramações físico-financeiras e exigência de execução de garantias.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Seleção de Concessionário com plena capacidade de atender adequadamente a todas as exigências contratuais;</li> <li>Regras e prazos para apresentação de projeto básico prévio as obras, não objeção a apresentação de projeto as-as-built;</li> <li>Delimitação de prazo para tudo, inclusive não objeção com o final definição dos procedimentos;</li> <li>Pedido de mudança projeto do parceiro Privado não gera reequilíbrio contratual, caso tais alterações não sejam para a melhoria avalizadas pelo poder Público;</li> </ul>

					<ul style="list-style-type: none"> <li>Obras novas ensejam reequilíbrio e aprovação do poder concedente (deve estar claro procedimento para tanto);</li> <li>Previsão de multa para atraso de obra por culpa do parceiro Privado e por atraso de cumprimento de cronograma físico financeiro pelo poder Público;</li> <li>Garantia de execução do contrato;</li> <li>Na cláusula de obras deixar claro que devem ser seguidas as datas de início e <u>termo</u>;</li> <li>Pode-se estabelecer a possibilidade de antecipação das obras, a título de evitar caso fortuito ou força maior;</li> <li>Qualquer pedido de alteração de cronograma deve ser consensual entre as partes bem como deve ser lavrado documento acerca da alocação das obrigações surgidas na referida alteração;</li> <li>Alteração do cronograma de obras pode ser considerada uma forma de equilíbrio;</li> </ul>
--	--	--	--	--	---

					<ul style="list-style-type: none"> <li>Em caso de eventos climáticos extremos, não considerados como força maior, deve ser contratado o seguro pelo parceiro Privado.</li> </ul>
11	Desconformidade da obra com aprovação	Não conformidade da obra incluindo vícios ocultos com as prescrições do contrato	Privado	Atraso em custos associados.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Observância ao projeto básico e projeto executivo elaborado pela concessionária e na forma aprovada pelo poder concedente;</li> <li>Necessidade de aprovação expressa do projeto das obras pelo poder Público e se não ocorrerem número de dias previstos em contrato, presume-se a aprovação tácita;</li> <li>Estabelecimento de multas e penalidades;</li> <li>Estabelecimento de fiscalização ou verificador independente ao longo de toda a concessão, visando subsidiar o poder Público quanto à execução das metas do contrato.</li> </ul>
12	Atraso para obtenção de licenças inclusive ambiental	Atraso para obtenção de licenças	Compartilhado	Notificações autuações e multas. Determinação de interdição de estruturas de	<ul style="list-style-type: none"> <li>O poder concedente poderá expedir ou cobrar que sejam expedidas diretrizes para o licenciamento ambiental do empreendimento, na forma dos regulamentos aplicáveis;</li> </ul>

					<p>paralisação de atividades de necessidade de execução de ações de emergência e contingência .</p> <p>Necessidade de obrigações adicionais em TAC;</p> <p>Caducidade do contrato.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Deve haver atuação do poder Público no sentido de cobrar que sejam desenrolados trâmites burocráticos relacionados ao licenciamento ambiental com celeridade;</li> <li>Deve haver previsão contratual do atendimento pela concessionária das normas federais estaduais e municipais sobre licenças e autorizações a tempo e modo;</li> <li>Exigência de garantia de fiel cumprimento de obrigações contratuais, multa e término antecipado do contrato;</li> <li>Independentemente do prazo estabelecido em lei para a concessão de licença ambiental a concessionária deve protocolizar a documentação legal no prazo máximo de 180 dias anteriores a data do início da obra, bem como comparecer à vistoria agendada pelos órgãos ambientais;</li> </ul>
13	Problemas de liquidez financeira da obra	Parceiro Privado apresenta problemas de caixa que	Privado		Multa <u>Step in Rights</u> .	<ul style="list-style-type: none"> <li>Apresentação de levantamento de custos e origem dos recursos na</li> </ul>

		impossibilitam a continuação da obra			<p>assinatura do contrato de concessão;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Requisito de habilitação e indicador financeiro de desempenho;</li> <li>• Previsão de multa;</li> <li>• Clausula para bonificar os bons indicadores financeiros.</li> </ul>
14	Erro na estimativa dos custos de construção ou da duração dos trabalhos, com aumento do preço de materiais essenciais/mão de obra.	Erro na estimativa dos custos de construção Ou da duração dos trabalhos, com aumento do preço de materiais essenciais mão de obra que geram acréscimo no custo, salvo aqueles que decorram diretamente de mudanças tributárias ou políticas públicas.	Privado	Custos adicionais, atrasos e custos associados.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A responsabilidade do projeto e da obra são da concessionária;</li> <li>• Prever no contrato que não haverá equilíbrio em tais casos;</li> <li>• Prever indicador de desenvolvimento de obra.</li> </ul>
15	Riscos de construção	Risco de que ocorram adversas durante o período de construção	Privado sobre aquilo que se referir às estruturas ações feitas na vigência da concessão.	Aumento de custo, atraso de obra alteração do projeto e má qualidade do serviço prestado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obter parceiros que tenham vasta experiência em construção por meio de atestado de obras de complexidade magnitude similar tal qual em concorrência;</li> </ul>
16	Atraso no atestado de recebimento de novas obras	Atraso no atestado de recebimento de novas obras	Público	Aprovação tácita	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Considerar-se á aprovado por decurso de prazo previsto em contrato quando a solicitação de obras.</li> </ul>

17	Erros essenciais na construção da obra	Erro na realização das obras por parte da concessionária, causando prejuízos em decorrência de reconstrução total parcial ou atraso	Privado	Erros na realização das obras podem ter como consequência má qualidade na prestação dos serviços, necessidade de readequações, multas, <u>termino</u> antecipado do contrato, exigência de execução de garantias.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A responsabilidade do projeto e da obra e da concessionária;</li> <li>• Contratar perito tecnicamente habilitado e acreditado para aferir se a qualidade das obras executadas e condizente com a prevista dos documentos norteadores do contrato tal verificação pode se dar por meio de verificador independente;</li> <li>• Comprovada a execução de uma qualidade deve ser oportunizada a defesa ou promoção de readequação por parte da concessionária;</li> <li>• Em não aceita a defesa e não promovidas as readequações devem ser executadas garantias aplicadas multas e no caso de reincidência inclusive deve ser considerada a rescisão contratual.</li> </ul>
18	Alteração do cronograma pela concessionária	Alteração no cronograma de construção de iniciativa da concessionária	Privado	Possibilidades de custos adicionais	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pedidos de antecipação do cronograma dependerá de previa autorização do poder concedente;</li> <li>• Possibilidade de aplicação de multas por atraso;</li> </ul>

					<ul style="list-style-type: none"> <li>• Possibilidade de declaração de caducidade do contrato.</li> </ul>
19	Alteração do cronograma pelo poder Público	Alteração do cronograma de construção de iniciativa do poder Público	Público	Possibilidade de custos adicionais, reequilíbrio econômico-financeiro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cláusula contratual de equilíbrio econômico-financeiro do contrato.</li> </ul>
20	Caso fortuito ou força maior passível de seguro	Eventos considerados caso fortuito ou força maior que impeçam a continuidade ou a conclusão da obra ou desempenho exigido	Privado	Perda ou danos aos ativos perdas das receitas atraso nas obras e descontinuidade na prestação do serviço	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Em determinados casos pode-se contratar seguro contra força maior e caso fortuito.</li> </ul>
21	Caso fortuito ou força maior não segurável ou cujo valor do prêmio seja incompatível com o fluxo de caixa do projeto	Eventos considerados caso fortuito ou força maior que impeçam a continuidade ou conclusão do serviço ou obra ou desempenho exigido	Público	Perda ou danos aos ativos perdas das receitas atraso nas obras de descontinuidade da prestação dos serviços	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nos casos em que não é possível contratar seguros em bases razoáveis o risco ficará a cargo do poder Público por meio de recomposição do equilíbrio econômico-financeiro do contrato</li> </ul>
22	Tumulto como ações sociais caso fortuito segurável	Risco de ocupação dos locais da obra por terceiros contrários ao projeto	Privado no que for possível a contratação de seguros Compartilhado naquilo que não for segurava	Perda ou danos aos ativos perdas das receitas atraso nas obras e descontinuidade na prestação dos serviços	<ul style="list-style-type: none"> <li>• É necessária uma atuação do poder concedente e da concessionária para a comunicação social adequada sobre os benefícios do projeto para o usuário;</li> <li>• Seu atraso na fase de construção for superior a um determinado período tal risco poderá ser Compartilhado ou</li> </ul>

					suportado pelo poder Público na medida em que cabe a ele o poder de polícia.
23	Segurança dos trabalhadores contratados pela concessionária danos à obra e a terceiros	Segurança inadequada da obra gerando prejuízos recursos adicionais	Privado	Custos adicionais indenização por danos à terceiros.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A responsabilidade pela segurança dos empregados e da concessionária;</li> <li>• Política de segurança no local do trabalho.</li> </ul>
24	Segurança dos bens da concessão contra vandalismo, ou furtos e roubos de bens no local da obra	Segurança inadequada gerando furtos e roubos	Privado	Custos de reparação sobre custos de manutenção e de conservação	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Responsabilidade pela segurança da obra da concessionária ;</li> <li>• Contratação de seguro;</li> </ul>
25	Problemas de patrimônio histórico arqueológico que geram custos e atrasos	Privado localiza objetos ou sítios arqueológicos que aumentam o custo da obra ou atrasam sua execução	Compartilhado	Custo e atrasos da obra	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Qualquer patrimônio histórico arqueológico encontrado pertencerá exclusivamente ao poder concedente;</li> <li>• Não se pode efetuar quaisquer trabalhos que afetem ou coloque em perigo patrimônio encontrado;</li> <li>• Considerando que não foram realizadas parte dos licenciamentos ambientais necessários para contemplar todos os serviços do manejo de gestão de resíduos sólidos, este risco será compartilhado entre o poder Público e a concessionária já</li> </ul>

					que não foram realizadas estes estudos em fase anterior à contratação.
26	Interferências	Descoberta de redes não identificados	Privado	Aumento dos custos e atrasos das obras	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tais problemas fazem parte dos riscos inerentes ao projeto e as obras, que não são da concessionária.</li> </ul>
27	Danos à terceiros	Danos causados a terceiros pela concessionária em suas subcontratadas gerando custos relacionados aos processos de responsabilidade civil	Privado	Custos adicionais	<ul style="list-style-type: none"> <li>A concessionária responderá por quaisquer prejuízos causados a terceiro não sendo assumidos pelo poder concedente quaisquer espécies de responsabilidade;</li> <li>Responderá a concessionária também pela reparação ou indenização de todos e quaisquer danos causados em bens de terceiro em resultado da execução das obras de sua responsabilidade, sem prejuízo de eventuais direitos que possa exercer perante terceiros.</li> </ul>
28	Mudança de legislação ou regulamentação ligado ao setor	Mudança de legislação ou regulamentação ligado ao setor que implique no aumento de gastos ou alteração de horários de trabalho inicialmente previsto	Compartilhado	Custos adicionais	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cláusula contratual de equilíbrio econômico-financeiro do contrato.</li> </ul>

29	Prejuízos causados por subcontratados	Custos associados à gestão inadequada de empresas subcontratadas	Privado	Má qualidade na prestação de serviço, aumento de custos, problemas jurídicos, de multa, <u>termino</u> antecipado do contrato, exigência de garantias	<ul style="list-style-type: none"> <li>As responsabilidades de projetos de obras são da concessionária;</li> <li>Seleção de sub contratados com plena capacidade de atenderem adequadamente a todas as exigências contratuais;</li> <li>Estabelecimento de penalidades.</li> </ul>
30	Alteração de quantitativos previstos em relação à estimativa básica	Diferença nos quantitativos previstos em relação à estimativa básica do projeto	Compartilhado	custos adicionais	<ul style="list-style-type: none"> <li>Trabalhar com margem de segurança na estimativa de custo do serviço de modo a estabelecer um valor teto que tenha nele embutido espaço para a redução e deixar que a competição na licitação determine o custo real do serviço;</li> <li>Em caso de substancial aumento dos quantitativos em decorrência de situação superveniente, fugindo das estimativas apresentadas no MPI e, deverá haver reequilíbrio econômico-financeiro.</li> </ul>
31	Fornecedores e subcontratados	Falência, falha no desempenho dos subcontratados e fornecedores	Privado	Custos adicionais penalizações	<ul style="list-style-type: none"> <li>Prever mecanismos de comunicação com o poder concedente;</li> <li>Seleção de sub contratados com plena capacidade de atender em adequadamente</li> </ul>



					a todas as exigências contratuais; <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estabelecimento de multas e penalidades.</li> </ul>
32	Descumprimento do cronograma de obras	Risco de que a operação e disponibilização dos serviços sejam feitas de forma atrasada ou deficiente	Privado	Interrupção dos serviços; Insatisfação dos usuários; Aumento de custos; Caducidade do contrato	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poder concedente estima e torna Público as estimativas condições dos recursos de operação;</li> <li>• Privado projeta adequa e constrói o projeto de modo a maximizar, a eficiência;</li> <li>• Previsão de meios de mensuração de desempenho e qualidade dos serviços;</li> <li>• Previsão de punição diante da inoperância dos serviços por conta de má gestão da concessionária devidamente comprovada por fiscalizador e regulador ou perícia por profissional tecnicamente habilitado;</li> <li>• Previsão de punição diante do atraso injustificado da implantação do sistema multas ou caducidade do contrato.</li> </ul>
<b>RISCOS DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO</b>					
33	Alterações tributárias do príncipe	Risco no âmbito do poder concedente ou de outros entes governamentais de	Público	Aumento redução dos custos da concessionária	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema de reequilíbrio econômico-financeiro do contrato.</li> </ul>

		criação de novos tributos, encargos legais ou alteração dos existentes de maneira aumentar os custos da concessionária			
34	Alterações legais fato do príncipe o âmbito do poder concedente	Risco no âmbito do poder concedente de Alterações não tributárias que afetem diretamente os encargos e custos para a prestação do serviço	Público	Aumento dos custos operacionais da concessionária ou necessidade de fazer investimentos para cumprir com novas regras	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema de equilíbrio econômico-financeiro do contrato.</li> </ul>
35	Alterações legais fato do príncipe de outro ente federativo	Mudança geral na legislação não tributária, de outro ente federativo que implica em custos diversos daquele originalmente pactuados	Público	Aumento dos custos operacionais da concessionária ou necessidade de fazer investimentos para cumprir com novas regras	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema de equilíbrio econômico-financeiro do contrato.</li> </ul>
36	Riscos climáticos	Riscos climáticos, tais como chuvas recorrentes, periodicidade não regular e demais situações não consideradas eventos extremos e não passíveis de seguros	Privado	custos de explorações adicionais de atraso	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Risco da concessionária ;</li> <li>• Possibilidade de antecipar as obras visando antecipar uma possível condição climática que influenciam o desenvolvimento das obras;</li> <li>• Contratação de seguros .</li> </ul>

37	Deterioração da qualidade do serviço	Deterioração da qualidade do serviço causada por gestão inadequada	Privado	Má qualidade no serviço insatisfação da sociedade com repercussão política <u>termino</u> antecipado do contrato de execução da garantia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Critérios para a intervenção, em cantas são, multas ou caducidade por má performance ou atraso por meio dos indicadores de desempenho pré definidos</li> </ul>
38	Danos à bens Públicos	Danos causados aos bens Públicos afetos aos serviços	Privado	Custos adicionais, penalizações	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obrigação da concessionária: zelar pela integridade dos bens que integram a concessão e pelas áreas remanescentes, tomando todas as providências necessárias.</li> </ul>
39	Atribuição do concessionário de riscos não controláveis	Riscos socioambientais riscos de comoção manifestação social riscos de remanejamento de interferências de acidentes com imprevistos	Público	Poder concedente usuários pagam mais	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema de reequilíbrio econômico-financeiro do contrato.</li> </ul>
40	Greve	Greve dos funcionários da concessionária ou de suas subcontratadas, gerando paralisação do trabalho	Privado	Atrasos e custos associados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilização de fornecedores confiáveis</li> <li>• Previsão de quebra de contrato no caso de interrupção ou falha no fornecimento de materiais e serviços pelos contratados;</li> </ul>

					<ul style="list-style-type: none"> <li>• manutenção de plano de seguro.</li> </ul>
41	Interrupção ou falha no fornecimento de materiais e serviços	Interrupção ou falha no fornecimento de materiais e serviços contratados	Privado	custos adicionais	<ul style="list-style-type: none"> <li>• observância a proposta técnica e comercial</li> <li>• incentivos a eficiência da concessionária <u>atraves</u> de bônus;</li> </ul>
42	Variação de custos	Risco pela variação usual de custos são assumidos pela SPE. Custos imprevisíveis que venham a ser majorados exponencialmente por questão superveniente e não previsível ensejar o reequilíbrio econômico-financeiro	Privado	Custos adicionais	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reajuste da contraprestação;</li> <li>• Reequilíbrio econômico-financeiro do contrato diante de comprovado desequilíbrio;</li> </ul>
43	Processos de responsabilidade civil	Pessoas que se envolvam em acidentes no local da concessão gerando custos advindos de processos de responsabilidade civil	Privado	Custos adicionais	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definição de plano de segurança;</li> <li>• Cronograma de investimento contratual das melhorias necessárias para os pontos identificados com alto risco de acidentes;</li> <li>• Plano de seguros em atendimento ao limite estabelecido em contrato;</li> <li>• Exigência de atendimento às normas de segurança;</li> </ul>

					<ul style="list-style-type: none"> <li>Responsabilidade da concessionária até o limite segurado;</li> </ul>
44	Custos gerados por ações judiciais	Custos gerados por ações judiciais de terceiros contra a concessionária ou suas subcontratadas por fatos que possam ocorrer durante a execução das obras e dos serviços incluindo os custos gerados por condenações ou pelo acompanhamento de ações judiciais	Privado	Custos adicionais	<ul style="list-style-type: none"> <li>Plano de seguros em atendimento ao limite estabelecido em contrato;</li> <li>Adequação de todas as normas ambientais de segurança;</li> <li>Responsabilidade da concessionária até o limite segurado ;</li> </ul>
45	Evolução tecnológica	Risco de que o contratado não consiga manter o serviço atualizado tecnologicamente	Compartilhado	Custos adicionais e melhoria da eficiência dos serviços	<ul style="list-style-type: none"> <li>Revisões periódicas para a manutenção da atualidade dos serviços;</li> <li>Revisão unilateral dos indicadores de desempenho operacional para a inovação tecnológica por determinação do poder concedente;</li> <li>Será caso de reequilíbrio econômico-financeiro do contrato;</li> <li>Decisões compartilhadas entre poder Público entidade reguladora e concessionária acerca da viabilidade de</li> </ul>

					<p>adoção de novas tecnologias aplicáveis aos serviços;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Atualidade será caracterizada pela modernidade dos equipamentos, das instalações das técnicas de prestação do serviço com absorção dos avanços tecnológicos advindos ao longo do prazo de concessão que tragam benefícios para os usuários, respeitadas as disposições do contrato.</li> </ul>
46	Cancelamento ou não renovação das apólices de seguros por parte das seguradoras	Seguradora cancela ou decide não renovar a apólice de seguro por considerar um negócio muito arriscado	Compartilhado	Aumento do risco de custos adicionais para a concessionária derivados de ocorrências indesejáveis	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cláusula contratual em com previsão de que a não renovação implica em contratação direta do seguro pelo poder concedente e o respectivo desconto nas contraprestações</li> <li>Cláusula das apólices de seguro que obriguem a seguradora notificar à espera e o poder concedente com pelo menos 90 dias de antecedência sobre qualquer mudança nas condições do seguro;</li> <li>Constituição de um fundo de retenção na CAT por parte do poder concedente na</li> </ul>

					inexistência de seguro no mercado .
47	Caso fortuito força maior segurável	Ocorrência de fatos imprevisíveis ou previsíveis, mas de consequências incalculáveis passíveis de serem segurados	Privado	Perda ou danos aos ativos, perda das receitas, atraso nas obras, descontinuidade na prestação dos serviços	<ul style="list-style-type: none"> <li>Contratação de seguros.</li> </ul>
48	Caso fortuito força maior não segurável ou cujo valor do prêmio seja incompatível com o fluxo de caixa do projeto	Ocorrência de fatos imprevisíveis ou previsíveis, mas de consequências incalculáveis caso fortuito força maior não coberto por seguro ou com o valor do prêmio seja incompatível com o fluxo de caixa do projeto	Privado	Perda ou danos aos ativos, perdas das receitas, descontinuidade dos serviços	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reequilíbrio econômico-financeiro do contrato.</li> </ul>
49	financiamento	Inexistência de instituições financeiras interessadas em financiar o projeto com consequente não obtenção dos recursos necessários à estruturação do contratualmente previsto	Compartilhado	Custos adicionais, empréstimo ponte mínimo de 15 meses	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diálogo com os financiadores desde o início dos estudos de viabilidade;</li> <li>Previsão de oferecimento de formas de garantia efetiva de cumprimento do contrato por parte do poder Público;</li> <li>Alocação eficiente de riscos;</li> <li>Criação de conta vinculada</li> </ul>
<b>RISCOS DE PERFORMANCE</b>					

50	Dificuldade no atingimento dos mínimos parâmetros de performance estabelecidos nos indicadores de desempenho	Dificuldade para atingir metas de desempenhos contratuais gerando custos adicionais	Privado	Redução na contraprestação pública prestações	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estabelecimento de indicadores de desempenho;</li> <li>Mecanismos de penalidade com indicadores objetivos, no qual explicita os parâmetros de performance requeridos;</li> <li>Observância das referências dos indicadores de desempenho.</li> </ul>
51	Revisão periódica de índice de desempenho para garantir a qualidade requerida	Os indicadores propostos não geram a qualidade esperada	Público	Alteração da contraprestação	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estabelecimento de hipóteses de revisão periódica de indicadores de desempenho, unilateralmente pelo poder concedente, através de bônus contratuais ou, de comum acordo durante o período da concessão mediante recomposição do equilíbrio econômico-financeiro do contrato.</li> </ul>
52	Má estimativa do custo de recursos humanos	Má estimativa dos custos de gestão dos recursos humanos	Privado	Custos adicionais	<ul style="list-style-type: none"> <li>A concessionária é responsável pelos empregados contratados e das suas subcontratadas em condenação subsidiária;</li> <li>Os contratos de prestação de serviços, celebrados entre a concessionária e terceiros, é gerenciada pelas normas de direito Privado não se estabelecendo qualquer</li> </ul>

					relação jurídica entre os terceiros envolvidos e o poder concedente.
53	Dissídio acordo convenção coletiva de trabalho	Ocorrência de dissídio acordo ou convenção coletiva de trabalho ou outros motivos que aumentem os custos de pessoal	Compartilhado	Custos adicionais	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inclusão desses custos na proposta comercial</li> </ul>
54	Áreas degradadas pela concessionária	Áreas de bota fora e caixas de empréstimos jazidas não recuperadas de degradação da área pela concessionária	Privado	Custos em recuperação das áreas, multas ambientais	<ul style="list-style-type: none"> <li>Poder concedente expedirá diretrizes para o licenciamento ambiental do empreendimento na forma do regulamento;</li> <li>Concessionária deverá fazer vistoria e apresentar declaração de conhecimento da situação e se responsabilizar pela reconformação e recuperação das áreas exploradas;</li> <li>Necessidade de previsão de cláusula contratual na qual haja previsão de aplicação de penalidades para os casos de não realização dos investimentos necessários para atender as exigências ambientais, ressalvados os riscos e já apontados quando não for possível dimensionar eventual passivo ambiental.</li> </ul>

55	Vibração e Ruidos	Impacto acústico em pontos críticos como escolas hospitais e áreas residenciais	Privado	Multa ambiental	<ul style="list-style-type: none"> <li>A licença ambiental indicará as ações que a concessionária deverá realizar para redução de ruídos e vibração.</li> </ul>
56	Acidentes	Acidentes em geral por falha da concessionária	Privado	Recuperação do local impacto multa ambiental	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cumprimento de preceitos de segurança em áreas que ofereçam riscos de acidentes;</li> </ul>
57	Resíduos e efluentes	Resíduos sólidos e efluentes líquidos que resultam da construção e operação de equipamentos e infraestruturas	Privado	Multa ambiental em caso de incorreta gestão dos resíduos e efluentes, geração de passivos ambientais embargos e interdições	<ul style="list-style-type: none"> <li>A concessionária será responsável pela correta destinação de efluentes e resíduos sólidos gerados na estruturação e operacionalização do sistema proposto.</li> </ul>
<b>RISCOS DE TÉRMINO ANTECIPADO</b>					
58	Término antecipado geral	Risco de perda de ativos por consequência de decretação de extinção do contrato por caducidade e encampação outra forma sem pagamento adequado	Compartilhado	Perda do investimento do parceiro Privado	<ul style="list-style-type: none"> <li>Obrigação de transferência da posse e operação dos ativos para o poder concedente com lei autorizativa, indenização e obrigação do poder Público de indenizar as parcelas dos investimentos vinculados a bens reversíveis, ainda que não amortizados ou depreciados os que tenham sido realizados com o objetivo de garantir a</li> </ul>

					continuidade e atualidade do serviço concedido.
59	Rescisão judicial por iniciativa da concessionária	Rescisão judicial por iniciativa da concessionária em razão de descumprimento do contrato pelo poder concedente	Público	Perda do investimento do parceiro Privado	<ul style="list-style-type: none"> <li>Caso comprovado o descumprimento do contrato pelo poder concedente, indenização de danos sofridos pelo operador Privado;</li> <li>Reembolso da parcela dos investimentos ou depreciados.</li> </ul>
60	Indenização	Risco do valor das indenizações previstas no contrato não serem suficientes para cobrir as perdas da concessionária e dos seus financiadores face antecipação do término do contrato	Privado	Perda do investimento do parceiro Privado	<ul style="list-style-type: none"> <li>Quando o advento do término contratual, a concessionária será responsável pelo encerramento, quaisquer contratos inerentes à concessão celebrados com terceiros, respeitando-se as regras estabelecidas na legislação vigente para cálculo do pagamento dos valores residuais assumido todos os ônus daí resultantes;</li> <li>discutir financiamento e Assunção do controle da concessão.</li> </ul>
61	Falência	Interrupção do contrato por decretação da falência da concessionária	Público	Rescisão imediata do contrato	<ul style="list-style-type: none"> <li>Acompanhamento periódico da situação financeira da concessionária através dos indicadores financeiros, indicadores de desempenho</li> </ul>

					operacional e fiscalização da SPE e pelo agente regulador;
					<ul style="list-style-type: none"> <li>Prevenção da intervenção antes da concessionária entrar em situação falimentar;</li> <li>Discutir financiamento e a função do controle da concessão.</li> </ul>
62	Encampação	Riscos de encampação da concessão foi interesse Público	Compartilhado	Indenização, reembolso do valor residual: reembolso da parcela dos investimentos não amortizados ou depreciados; Inoperância temporária do serviço;	<ul style="list-style-type: none"> <li>Necessidade de cláusula contratual que especifique os procedimentos para a encampação;</li> <li>Administração pública e responsável pelos custos de indenização;</li> <li>Fixação de critérios para o reembolso do valor residual do reembolso da parcela dos investimentos não amortizados ou depreciados.</li> <li>Indenização a ser arbitrada pelo poder judiciário;</li> <li>Estabelecimento de critérios para o início do processo de declaração de caducidade lei autorizativa indenização.</li> </ul>
63	Caducidade	Risco de declaração de caducidade da concessão por insuficiência de desempenho do concessionário, atraso	Público	Indenização, reembolso do valor residual: Reembolso da parcela dos investimentos não	<ul style="list-style-type: none"> <li>Necessidade de cláusula contratual que especifique os procedimentos para a declaração de caducidade;</li> </ul>

		na implantação do sistema ou outras causas previstas em lei		amortizados ou depreciados; inoperância temporária do serviço.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Garantia de fiel cumprimento das obrigações contratuais;</li> <li>• Multas contratuais;</li> <li>• Monitoramento e fixação de procedimentos para avaliação do desempenho operacional;</li> <li>• Estabelecimento de critérios para o início do processo de declaração de caducidade;</li> <li>• Lei autorizativa e indenização.</li> </ul>
64	Rescisão	Risco de rescisão contratual	Compartilhado	Indenização, reembolso do valor residual: da parcela dos investimentos não amortizados ou depreciados; inoperância temporária do serviço.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Necessidade de cláusula contratual que especifique os procedimentos para a rescisão e fixação de critérios para reembolso do valor residual.</li> </ul>
65	Anulação	Riscos de anulação do contrato devido à ilegalidade	Compartilhado	Indenização	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acompanhamento dos indicadores de desempenho operacional;</li> <li>• Garantia de fiel cumprimento de obrigações contratuais;</li> <li>• Certo seja extinta a concessão, reembolso da parcela dos investimentos não amortizados ou</li> </ul>

					depreciados após redução de multas danos causados pelo operador Privado.
66	Intervenção do poder Público	Intervenção da concessão em razão de descumprimento de condições contratuais pela concessionária gerando os custos adicionais	Compartilhado	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O procedimento da intervenção;</li> <li>• Fixação de critérios de reembolso do valor residual barra lucros cessantes.</li> </ul>
67	Intervenções dos financiadores (Step in right)	Intervenção dos financiadores	Compartilhado	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acompanhamento periódico da situação financeira da concessionária através dos indicadores de desempenho em fiscalização da SPE pelo agente regulador;</li> <li>• Prevenção de intervenção antes da concessionária entrar em situação falimentar;</li> <li>• Rescisão imediata do contrato;</li> <li>• Necessidade de cláusula contratual que especifique os procedimentos para a Assunção do controle da concessão.</li> </ul>
68	Riscos políticos	Novo governo decide encerrar a concessão e ou cria óbices relacionadas ao pagamento	Compartilhado	Encerramento do controle e derivados descumprimento do contrato em vários aspectos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O contrato deve desestimular esse tipo de medida;</li> <li>• Todos os princípios e regras integrantes da legislação sobre concessões de serviços Públicos e do</li> </ul>

				pelo poder concedente que muitas vezes torna inviável o cumprimento do contrato pela concessionária	<p>contrato tem como objetivo de incentivar ou impedir tais ações no poder com acidentes e, assim mitigar o risco da concessionária;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Todo o conjunto de proteções à concessionária, inclusive a possibilidade de rescindir o contrato, exigir judicialmente indenizações, executar garantias de pagamento, requerer o equilíbrio econômico-financeiro do contrato, todas essas proteções objetivo proteger a concessionária contra o risco político.</li> </ul>
<b>RISCOS ECONÓMICOS/FINANCEIROS/RECEITA</b>					
69	Riscos cambiais	Caso o financiamento do projeto seja feito por moeda estrangeira, pode ocorrer o risco de depreciação da moeda local trazer prejuízos financeiros ao investidor	Privado	Aumento dos custos de implantação uma expansão operacional, ou de custo da dívida	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Financiamento em moeda local;</li> <li>• Contrato mantido com base na cotação da moeda local;</li> <li>• Proteção por meio de hedge cambial.</li> </ul>
70	Riscos de inflação	Risco de que o valor dos pagamentos recebidos durante o contrato seja desvalorizado pela inflação	Compartilhado	A depender do nível da inflação pode ser uma mera redução dos setores da concessionária até	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Previsão de reajustes das contraprestações</li> <li>• A concessionária assume o risco de deslocamento entre o reajuste e os custos efetivos dos seus insumos</li> </ul>

				uma completa inviabilização da prestação do serviço	quando há a possibilidade de deslocamento entre o índice contratual e seus custos.
71	Risco do patrocinador do projeto	Risco de que o parceiro Privado não terá recursos financeiros, técnicos e operacionais para finalizar o projeto ou até mesmo para prestar serviço objeto da PPP	Público	Termino da prestação de serviço e possível perda do investimento em capital	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Garantir financeiramente que o projeto estará afastado dos passivos financeiros externos da SPE;</li> <li>• Assegurar a adequação dos recursos ao cronograma da obra;</li> <li>• Exigir garantias do empreendedor do projeto;</li> <li>• Utilizar critérios de avaliação financeiros e não financeiros.</li> </ul>
72	Taxa de juros	Risco de que a taxa de juros aumentar entre o <u>termino</u> da solicitação eu fechamento do financiamento de longo prazo da concessionária, de maneira a inviabilizar o preço do serviço estabelecido na proposta	Privado	Aumento do custo de financiamento do projeto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No contexto econômico atual a taxa de juros cadentes ou de variações menores para cima em regra não são previstas mitigações para esse risco</li> </ul>
73	Mudança no controle da SPE ou de um dos sócios que a integram	Risco de que a mudança no controle do parceiro Privado resulte em redução de sua capacidade financeira ou técnica de executar o contrato	Privado	risco desse <del>pe</del> passar por situações financeiras difíceis, interpessoais do ramo de negócios e não executar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• previsão de cláusula que determina a necessidade de previa autorização do poder concedente para alteração da composição societária de SP ou das acionistas</li> </ul>



				adequadamente o projeto	<ul style="list-style-type: none"> <li>x obrigação de permanência no controle acionário por no mínimo o período do primeiro ciclo de investimentos</li> <li>necessidade de observância dos <u>critérios de habilitação</u></li> </ul>
74	parceiro Público não paga a contraprestação pecuniária	O parceiro Público não paga devidamente à contraprestação pecuniária ao parceiro Privado a tempo e modo	Público	Receitas abaixo do estimado no fluxo de caixa	<ul style="list-style-type: none"> <li>Obrigações legais atinentes à responsabilidade fiscal;</li> <li>Oferecimento das medidas mitigadoras necessárias para dar segurança ao parceiro Privado como a instituição do fundo garantidor das PPP.</li> <li>Oferecimento de fluxo da taxa do lixo em conta vinculada.</li> </ul>
75	Risco de novos investimentos em função do aumento da demanda	Concessionária deverá realizar novos investimentos em função do aumento da demanda, para manter a boa prestação do serviço	Privado	Aumento do custo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Definir gatilhos com base nas estimativas consideradas nos estudos da MIP e caso ultrapassar essa margem haverá equilíbrio com base em uma fórmula paramétrica baseada em cada usuário do sistema.</li> </ul>
76	Majoração da demanda	Ocorrência de majoração da demanda em ocorrência da maximização da geração de resíduos	Compartilhado	Demanda por infraestrutura e condições operacionais adicionais	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vincular investimentos em novas estruturas e ampliação de serviços a real e efetiva demanda a ferida periodicamente;</li> <li>Diante da detecção de majoração da demanda prevê a articulação entre</li> </ul>

					<p>poder Público entidade reguladora e concessionária para adoção das medidas cabíveis na alçada jurídica, técnico operacional econômico-financeira;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Promover o reequilíbrio econômico-financeiro do contrato caso a ocorrência de majoração na demanda desequilíbrio comprovadamente.</li> </ul>
77	Redução na demanda	Ocorrência de diminuição da demanda em decorrência da minimização da geração de resíduos que podem estar associada ao crescimento demográfico inferior ao previsto	Compartilhado	Receitas abaixo do estimado, desequilíbrio do fluxo de caixa e até do contrato dependendo das proporções	<ul style="list-style-type: none"> <li>vincular investimentos em novas estruturas em ampliação de serviços e estruturas à real efetiva demanda ferida periodicamente;</li> <li>evitar investimentos desnecessários;</li> <li>Promover o reequilíbrio econômico-financeiro do contrato.</li> </ul>
78	Competição e desafios à geração de receitas acessórias	Redução da demanda devido à concorrência	Compartilhado	Redução da receita e da qualidade do serviço prestado	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vedação do estabelecimento de empreendimentos e contratos concorrentes avaliados pelo poder público quando abranger serviços essenciais cujo fornecimento o cabe;</li> <li>Prever mecanismos de estímulo para que os grandes geradores façam</li> </ul>

					<p>uso dos serviços prestados pela concessionária;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Prever mecanismos de estímulo para que os municípios façam uso dos serviços oferecidos pela concessionária e contribuam na geração de receitas acessórias.</li> </ul>
79	Risco de alteração da atividade econômica	Risco de modificação no nível de atividade global da economia	Público ou Privado	Variação da receita e consequentemente variação da rentabilidade	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estabelecimento de faixas dos valores da contraprestação diretamente relacionada à avaliação das receitas</li> </ul>
80	Populações indígenas	Riscos de atrasos ou de alterações na concessão do projeto para reduzir o impacto sobre terras indígenas	Público	Atraso em aumento do custo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Poder concedente avalia o impacto do projeto sobre as terras indígenas;</li> <li>Possibilidade da concessionária avaliar as condições do projeto impactos ao longo da licitação;</li> <li>Sistema de reequilíbrio caso cause desequilíbrio.</li> </ul>
<b>OUTROS RISCOS</b>					
81	Atendimento inadequado ao usuário	Parceiro Privado deverá atender adequadamente usuário caso cometa falhas gerar insatisfação devido à	Privado	Má qualidade dos serviços prestados Insatisfação da sociedade gerando problemas políticos de	<ul style="list-style-type: none"> <li>Remuneração vinculada a aferição dos indicadores de desempenho;</li> <li>Garantia de previsão Clara dos serviços a serem executados e das eficiências;</li> </ul>

		inadequação do atendimento		aplicação de penalidades	<ul style="list-style-type: none"> <li>Garantia de fiscalização, regulação e controle social com os tanques.</li> </ul>
82	Riscos não previstos no edital o contrato	Riscos não previstos no edital ou contrato	Se for segurável e Privados e não e Público	Incidência do artigo 65º II, d da lei 8866 (reequilíbrio)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Caberá a concessionária sujeitar-se aos riscos do empreendimento salvo os casos expressos previstos no contrato e no edital de licitação.</li> </ul>

- 11. DIRETRIZES AMBIENTAIS

A tecnologia de tratamento de resíduos sólidos urbanos prevista para a PPP objetiva a consolidação de um novo processo de gestão e de prestação dos serviços de Tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos do Município de Lauro de Freitas.

É sabido que todo empreendimento ou atividade capaz de causar poluição ou degradação ambiental, deve ser submetida às análises socioambientais de forma que os estudos possam subsidiar e estabelecer medidas mitigadoras dos impactos ambientais negativos, exercendo um controle prévio e, por fim, realizar o acompanhamento das atividades previstas no processo de tratamento térmico e aproveitamento energético dos resíduos sólidos urbanos.

#### 11.1 LICENCIAMENTO AMBIENTAL

O licenciamento ambiental é um instrumento de prevenção e fiscalização, instituído pela Política Nacional de Meio Ambiente (Lei Federal nº 6.938/1981), sendo um procedimento administrativo por meio do qual o órgão ambiental licencia a localização, construção, instalação, ampliação e operação de empreendimentos e atividades capazes de causar poluição ou degradação ambiental, visando à promoção do desenvolvimento socioeconômico e sustentável.

Conforme a resolução nº 237 de 19 de dezembro de 1997, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), a licença ambiental é definida da seguinte forma:

*Licença Ambiental: ato administrativo pelo qual o órgão ambiental competente, estabelece as condições, restrições e medidas de controle ambiental que deverão ser obedecidas pelo empreendedor, pessoa física ou jurídica, para localizar, instalar, ampliar e operar empreendimentos ou atividades utilizadoras dos recursos ambientais consideradas efetiva*

*ou potencialmente poluidoras ou aquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental (BRASIL, 1997).*

O Licenciamento Ambiental, por sua vez, tem a seguinte definição na legislação:

*Licenciamento Ambiental: procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação e a operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou daquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental, considerando as disposições legais e regulamentares e as normas técnicas aplicáveis ao caso.*

*Estudos Ambientais: são todos e quaisquer estudos relativos aos aspectos ambientais relacionados à localização, instalação, operação e ampliação de uma atividade ou empreendimento, apresentado como subsídio para a análise da licença requerida, tais como: relatório ambiental, plano e projeto de controle ambiental, relatório ambiental preliminar, diagnóstico ambiental, plano de manejo, plano de recuperação de área degradada e análise preliminar de risco.*

*Impacto Ambiental Regional: é todo e qualquer impacto ambiental que afete diretamente (área de influência direta do projeto), no todo ou em parte, o território de dois ou mais Estados (BRASIL, 1997).*

A norma estabelece também, as competências federais, estaduais e municipais da atividade de licenciamento ambiental.

A competência será municipal, quando o empreendimento apresentar impacto ambiental local e quando for delegado pelo Estado por normativa legal ou por convênio. Ainda, caberá

ao órgão ambiental competente definir os estudos ambientais pertinentes para o processo de licenciamento.

Tendo em vista que as atividades da usina de tratamento térmico de resíduos sólidos urbanos estão enquadradas nos códigos F-05-13-4 (Tratamento térmico de resíduos tais como incineração, pirólise, gaseificação e plasma), com potencial poluidor/degradador Grande e porte Médio, e E-02-02-2 (Sistema de geração de energia termelétrica utilizando combustível não fóssil), com potencial poluidor/degradador Médio e porte Pequeno, de modo que o empreendimento está enquadrado na Classe 5, conforme Deliberação Normativa COPAM nº 217/2017, o licenciamento ambiental da usina compete ao órgão ambiental estadual.

A tecnologia a ser empregada, está sujeita ao processo de LICENCIAMENTO AMBIENTAL a nível estadual, devendo ser requeridas as Licenças Prévia (LP), de Instalação (LI) e de Operação (LO), que podem ser definidas da seguinte forma:

- Licença Prévia (LP): corresponde à licença concedida na fase preliminar do planejamento do empreendimento ou atividade, aprovando sua localização e concepção, atestando a viabilidade ambiental e estabelecendo os requisitos básicos e condicionantes a serem atendidos nas próximas fases de sua implementação, observados os planos municipais, estaduais ou federais de uso e ocupação do solo;

- Licença de Instalação (LI): autoriza a instalação do empreendimento ou atividade de acordo com as especificações constantes dos planos, programas e projetos aprovados, incluindo as medidas de controle ambiental e demais condicionantes, da qual constituem motivo determinante;

- Licença de Operação (LO): autoriza a operação da atividade ou empreendimento, após a verificação do efetivo cumprimento do que consta das licenças anteriores, com as medidas de controle ambiental e condicionantes determinados para a operação.

Caberá ao Município e à Concessionária formalizar junto ao órgão ambiental estadual o requerimento de licença prévia e de instalação.

Caberá à CONCESSIONÁRIA, a obtenção da Licença de Operação junto aos órgãos ambientais competentes, imediatamente após o término da fase de instalação da usina e do cumprimento, na sua totalidade, das condicionantes previstas na fase de instalação.

Os custos decorrentes das despesas para a obtenção das licenças, da autorização da ampliação de capacidade, das futuras revalidações da Licença de Operação (REVLO) e, por fim, o cumprimento pleno das condicionantes durante o prazo de vigência da concessão, será de total responsabilidade da CONCESSIONÁRIA.

Não obstante, destaca-se que o MUNICÍPIO, por meio do Comitê Gestor de PPP's, deverá ser informado e estar em cópia em todos os trâmites previstos no âmbito do Licenciamento Ambiental.

- 12. DEMAIS OBRIGAÇÕES

A Concessionária, por si ou pelos integrantes da SPE, deverá manter, durante a execução do Contrato, todas as condições de habilitação e qualificação exigidas nos termos do Edital, condições estas que são necessárias ao bom cumprimento do Contrato.

Com a finalidade de cumprir suas obrigações previstas no Contrato, a Concessionária deverá captar, aplicar e gerir os recursos financeiros necessários à execução do Objeto do Contrato.

A Concessionária é responsável pela obtenção de todas as licenças e autorizações necessárias ao regular desenvolvimento de suas atividades perante os órgãos públicos municipais, estaduais e federais competentes, arcando com todas as despesas relacionadas à implementação das providências determinadas pelos referidos órgãos.

O vencedor da licitação deverá anteriormente a assinatura do contrato de concessão ressarcir a BAUER ENGENHARIA EIRELI ME, pessoa jurídica de direito privado, inscrita no CNPJ sob nº 08.764.139/0001-13, com sede à Rua Professor João José Cabral, nº 235, sala nº 303, Balneário do Estreito, no município de Florianópolis, estado de Santa Catarina (SC), CEP 88.075-535, e-mail: bauerengenharia@gmail.com, e a DFG CONSTRUÇÕES EIRELI, pessoa jurídica de direito privado, inscrita no CNPJ sob nº 00.071.760/0001-90, com sede à Av. Alameda, SN, Parque Nascente do Rio Capivara, CEP 42801-141, e-mail: dfgconstrucoes@gmail.com, responsáveis pela elaboração dos estudos e documentos que nortearam à Concessão Administrativa, sendo que o valor estabelecido é de R\$ 1.960.000,00 (um milhão novecentos e sessenta mil reais) conforme autorizado pelo art. 21 da Lei 8.987, de 13 de fevereiro de 1995.

# CONCLUSÃO

### 13. CONCLUSÃO DO TRABALHO

O Brasil, de um modo geral, tem índices insatisfatórios no que diz respeito ao saneamento básico. Esse quadro é igualmente preocupante em relação à gestão dos resíduos sólidos e sua destinação de modo ambientalmente adequado.

Segundo levantamento realizado no ano de 2013 pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (“ABRELPE”), naquele ano foram gerados mais de 76,3 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos no Brasil. Deste total, 90,4% refere-se a resíduos sólidos urbanos.

Afirmou a entidade que essa quantidade é 4,1% maior que comparado ao ano de 2012. De 2016 a 2017, houve um aumento de 3% no despejo inadequado. Esse crescimento foi maior que a taxa de crescimento populacional do mesmo período. Em resumo, a população passou a produzir mais resíduos sólidos.

Segundo o citado estudo, a região Sudeste foi responsável pela geração de 102 mil toneladas de lixo por dia, seguida pela região Nordeste com cerca de 53 mil toneladas/dia. Essas duas regiões representam mais de 75% dos resíduos produzidos em todo o país.

Se o cenário de geração de resíduos sólidos é motivo de atenção, o referente à destinação é ainda mais preocupante.

Conforme dados da ABRELPE, no ano de 2018, o Brasil tinha quase 3 mil lixões funcionando em 1.600 cidades, ou seja, existe disposição irregular em 28% das cidades brasileiras. Tal quadro piora ainda mais pelo fato de que um lixão pode atender mais de uma cidade, de modo que o número de municípios com problema na destinação dos resíduos sólidos certamente é maior. Na verdade, segundo dados da entidade, 90% das cidades brasileiras têm coleta de lixo, mas apenas 59% delas usam aterros adequados.

Os lixões contaminam a água e o solo, poluem o ar e afetam diretamente a saúde de 95 milhões de pessoas, sejam as que vivem no entorno desses lixões, muito próximos, ou aquelas que consomem ou a água ou os alimentos produzidos nessas áreas que estão contaminadas.

Há estudos que afirmam que o país gasta R\$ 3 bilhões por ano com o tratamento de saúde de pessoas que ficaram doentes por causa da contaminação provocada pelos lixões.

A lei n. 12.305/2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos, trouxe instrumentos importantes para o avanço do País no tratamento dos resíduos. Criou, dentre outros, expressa vedação de destinação ou disposição final de resíduos sólidos por meio de lançamento *in natura* a céu aberto, à exceção daqueles resíduos de mineração<sup>44</sup>.

A lei previu, como fundamentos basilares das ações de planejamento e implementação das políticas públicas, os seguintes princípios:

- I - lançamento em praias, no mar ou em quaisquer corpos hídricos;
- II - lançamento *in natura* a céu aberto, excetuados os resíduos de mineração;

<sup>44</sup> Art. 47. São proibidas as seguintes formas de destinação ou disposição final de resíduos sólidos ou rejeitos:

*“Art. 6º São princípios da Política Nacional de Resíduos Sólidos:*

*I - a prevenção e a precaução;*

*II - O poluidor-pagador e o protetor-recebedor;*

*III - a visão sistêmica, na gestão dos resíduos sólidos, que considere as variáveis ambiental, social, cultural, econômica, tecnológica e de saúde pública;*

*IV - o desenvolvimento sustentável;*

*V - a ecoeficiência, mediante a compatibilização entre o fornecimento, a preços competitivos, de bens e serviços qualificados que satisfaçam as necessidades humanas e tragam qualidade de vida e a redução do impacto ambiental e do consumo de recursos naturais a um nível, no mínimo, equivalente à capacidade de sustentação estimada do planeta;*

*VI - a cooperação entre as diferentes esferas do poder público, o setor empresarial e demais segmentos da sociedade;*

*VII - a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos;*

*VIII - o reconhecimento do resíduo sólido reutilizável e reciclável como um bem econômico e de valor social, gerador de trabalho e renda e promotor de cidadania;*

*IX - o respeito às diversidades locais e regionais;*

*X - o direito da sociedade à informação e ao controle social;*

*XI - a razoabilidade e a proporcionalidade”.*

Dos objetivos previstos em seu art. 7º<sup>45</sup>, merece destaque a não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. A norma remete a uma menor disposição possível no meio ambiente, com a adoção de instrumentos como reciclagem.

O art. 9º da Lei é claro ao afirmar que “[...] 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 parágrafo primeiro do mesmo artigo<sup>46</sup>, faz expressa menção à adoção de novas tecnologias que possibilitem a recuperação energética dos resíduos sólidos urbanos, desde

X - regularidade, continuidade, funcionalidade e universalização da prestação dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, com adoção de mecanismos gerenciais e econômicos que assegurem a recuperação dos custos dos serviços prestados, como forma de garantir sua sustentabilidade operacional e financeira, observada a Lei nº 11.445, de 2007;

XI - prioridade, nas aquisições e contratações governamentais, para:

a) produtos reciclados e recicláveis;

b) bens, serviços e obras que considerem critérios compatíveis com padrões de consumo social e ambientalmente sustentáveis;

XII - integração dos catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis nas ações que envolvam a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos;

XIII - estímulo à implementação da avaliação do ciclo de vida do produto;

XIV - incentivo ao desenvolvimento de sistemas de gestão ambiental e empresarial voltados para a melhoria dos processos produtivos e ao reaproveitamento dos resíduos sólidos, incluídos a recuperação e o aproveitamento energético;

XV - estímulo à rotulagem ambiental e ao consumo sustentável.

<sup>46</sup> Art. 9º [...] § 1º Poderão ser utilizadas tecnologias visando à recuperação energética dos resíduos sólidos urbanos, desde que tenha sido comprovada sua viabilidade técnica e ambiental e com a implantação de programa de monitoramento de emissão de gases tóxicos aprovado pelo órgão ambiental.

<sup>45</sup> Art. 7º São objetivos da Política Nacional de Resíduos Sólidos:

I - proteção da saúde pública e da qualidade ambiental;

II - não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos;

III - estímulo à adoção de padrões sustentáveis de produção e consumo de bens e serviços;

IV - adoção, desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias limpas como forma de minimizar impactos ambientais;

V - redução do volume e da periculosidade dos resíduos perigosos;

VI - incentivo à indústria da reciclagem, tendo em vista fomentar o uso de matérias-primas e insumos derivados de materiais recicláveis e reciclados;

VII - gestão integrada de resíduos sólidos;

VIII - articulação entre as diferentes esferas do poder público, e destas com o setor empresarial, com vistas à cooperação técnica e financeira para a gestão integrada de resíduos sólidos;

IX - capacitação técnica continuada na área de resíduos sólidos;



sua viabilidade, técnica e ambiental, seja devidamente comprovada, e que haja um efetivo controle da emissão de gases tóxicos.

A lei previu expressamente que os entes municipais deveriam dar tratamento adequado a seus resíduos, passando a cumprir as disposições nela contidas, no prazo de 4 (quatro) anos após a publicação. Logo, o marco para, por exemplo, o banimento dos lixões era agosto de 2014.

Com a iminência do exaurimento deste prazo, tentou-se a dilatação de tal prazo, sob o argumento de que faltaria recursos financeiros aos Municípios. Aliás, o próprio Ministério do Meio Ambiente já deu declarações públicas neste sentido, sugerindo, inclusive, o agrupamento das cidades em consórcios e a efetiva cobrança de taxa para custear, ainda que parcialmente, este serviço.

A adoção de medidas efetivas para reverter este cenário gravoso mostra-se de inegável urgência. E isto, não apenas por conta dos prazos estabelecidos em lei federal, mas, sobretudo, como forma de evitar um agravamento ainda maior da qualidade ambiental, cujo prejuízo já é sentido há muito e que certamente impactará negativamente as gerações futuras.

Em pleno 24º ano do século 21, inovação já não é simplesmente meta no horizonte distante; inovar se tornou uma necessidade de primeira ordem. Posto isso devemos obrigatoriamente inovar na solução tecnológica, sendo a gaseificação com recuperação energética a tecnologia mais eficiente para tratamento e destinação final do RSU do Município de Lauro de Freitas.

A gaseificação do RSU tem como principal vantagem a drástica redução do volume dos resíduos destinados a aterros, eliminando o depósito de resíduos a céu aberto, evitando contaminação do lençol freático, diminuindo incidência de vetores de doenças e contribuindo com um significativo ganho econômico no descarte de resíduos, eliminando por completo um terrível passivo ambiental.

Para além disso, na conjuntura atual, ter uma usina termelétrica de elevada eficiência, que utiliza uma fonte renovável de combustível, representa o aumento da quantidade, qualidade e da confiabilidade do fornecimento de energia elétrica na região de Lauro de Freitas, reduzindo os problemas de regulação, tensão e frequência da rede elétrica da região.

Neste contexto, para realização deste projeto é necessário coragem, criatividade e engajamento de todas as equipes da gestão municipal.

- 14. REFERÊNCIAS

ABRELPE. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2018-2019. Disponível em: <[www.abrelpe.org.br](http://www.abrelpe.org.br)>. Acesso em: 26 fev. 2019.

ADVANCED ENERGY STRATEGIES. Investigation into municipal solid waste gasification for power generation. 2004. Disponível em: <<http://www.alamedapt.com/newsroom/reports/gasification.pdf>>.

BECK, R. W. Final report: anaerobic digestion feasibility study for the bluestem solid waste agency and iowa department of natural resources. Iowa: Bluestem Solid Waste Agency, 2004.

BELGIORNO, V. Energy from gasification of solid wastes. Waste Management, v. 23, p. 1-15, 2003.

BILITEWSKI, B. et al. Ersatzbrennstoffverbrennung in Deutschland: aktueller stand, perspektiven. Dresden: Umweltbundesamt, 2007.

BOLZONELLA, D. et al. Dry anaerobic digestion of differently sorted organic municipal solid waste: a full-scale experience. Water Science and Technology, v. 53, n. 8, p. 23-32, 2006.

CEMEX. The use of climafuel as a fuel at rugby cement plant. [S.l.]: CEMEX UK, 2009. Disponível em: <[http://www.cemex.co.uk/su/pdf/CEMEX\\_Rugby\\_Plant\\_Draft\\_Climafuel\\_Trial\\_Report.pdf](http://www.cemex.co.uk/su/pdf/CEMEX_Rugby_Plant_Draft_Climafuel_Trial_Report.pdf)>.

CONSONNI, S. Alternative strategies for energy recovery from municipal solid waste Part A: mass and energy balances. Waste Management, v. 25, p. 123-135, 2005.

DEFRA. Energy from waste: a guide to the debate. 2014. Disponível em: <[https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/284612/pb14130-energy-waste-201402.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/284612/pb14130-energy-waste-201402.pdf)>.

DUCHARME, C. Technical and economic analysis of plasma-assisted waste-to-energy processes. Tese (Mestrado em Engenharia e Ciência Aplicada)--Columbia University. Columbia, 2010.

EPEM. Cost of waste treatment Technologies. Disponível em: <<http://www.epem.gr/waste-control/database/html/costdata-00.htm>>.

EUROPEAN COMMISSION. Integrated pollution prevention and control reference document on the best available techniques for waste incineration. [S.l.: s.n.], 2006.

FRITZ, Jack; GILLEN, William. Current and future prospects for modern solid waste management in the developing countries of east Asia. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/cfd8/eef0155a7ea4115d5009076fa0a47e5da2a3.pdf>>.

GALLERT, C.; HENNING, A.; WINTER, J. Scale-up of anaerobic digestion of the biowaste fraction from domestic wastes. Water Research, v. 37, n. 6, p. 1433-1441, 2003.

GENON, G.; BRIZIO, E. Perspectives and limits for cement kilns as a destination for RDF. Waste Management, v. 28, n. 11, p. 2375-2385, 2008.

GIDARAKOS, E.; AIVALIOTI, M. Thermal treatment methods for municipal solid waste. 2007. (Notas de palestra para o curso "Management and Treatment of Municipal Waste").

GLORIUS, T. Remondis: SRF in a German power plant in First UK conference on solid recovered fuels, London: Resource Recovery Forum, 2008.

IEA BIOENERGY. Economic analysis of options for managing biodegradable municipal waste. DEFRA REPORT. 1997.

ISWA. Circular economy: energy & fuels. 2015. v. 5. Disponível em: <[https://issuu.com/ramboll/docs/iswa\\_circular\\_economy](https://issuu.com/ramboll/docs/iswa_circular_economy)>.

ISWA. ISWA guidelines: waste to in low and middle income countries. 2013. Disponível em: <[https://issuu.com/ramboll/docs/iswa\\_guidelines\\_for\\_low\\_and\\_middle](https://issuu.com/ramboll/docs/iswa_guidelines_for_low_and_middle)>.

ISWA. International solid waste association. 2012. Disponível em: <<https://www.iswa.org/>>.

KLEIN, A. Gasification: an alternative process for energy recovery and disposal of municipal solid wastes. 2002. Tese (Mestrado)—Columbia University. Columbia, 2002. Disponível em: <<http://www.seas.columbia.edu/earth/kleinthesis.pdf>>.

LEME, M. M. V. Avaliação das opções tecnológicas para geração de energia a partir dos resíduos sólidos urbanos: estudo de caso. Dissertação (Mestrado em Engenharia)—Universidade Federal de Itajubá. Itajubá, 2010.

MATA-ALVAREZ, J. Technologies and approaches for anaerobic digestion. In: BEACON CONFERENCE ON BIOLOGICAL TREATMENT, 3. Perugia, 2010.

MURPHY, J. D.; MCKEOGH, E. Technical, economic, and environmental analysis of energy recovery from municipal solid waste. *Renewable Energy*, v. 29, p. 1043-1057, 2004.

NEIVA CORREIA, C.; VAZ, F.; TORRES, A. Anaerobic digestion of biodegradable waste: operational and stability parameters for stability control. In: Internat. SYMPOSIUM ON ANAEROBIC DIGESTION OF SOLID WASTES AND ENERGY CROPS, 5. Anais... Hammamet, maio, 2008.

PALEOLOGOS, E. K.; ECONOMOPOULOS, A. P.; RAMBOW, B. Waste-to-energy alternatives: an overview of technologies, regulatory framework, and economics. 2006. Disponível em: <<http://www.srcosmos.gr/srcosmos/showpub.aspx?aa=13062>>.

PUCHELT, A. Dry stabilisation of residual waste: exemplary plant in Rennerod/Westerwaldkreis. In: Brandenburg Environmental Reports, n. 6, 2000.

REITMAN, D.O. CEWEP Energy Report II (Status 2004-2007). 2007. Disponível em: <[http://www.cewep.eu/information/publicationsandstudies/studies/climate-protection/223.CEWEP\\_Energy\\_Efficiency\\_Report\\_Status\\_-\\_\\_.html](http://www.cewep.eu/information/publicationsandstudies/studies/climate-protection/223.CEWEP_Energy_Efficiency_Report_Status_-__.html)>.

RENOSAM; RAMBØLL. Waste-to-energy in Denmark. 2006. Disponível em: <<https://stateofgreen.com/files/download/275>>.

SAINT-JOLY, C.; DESBOIS, S; LOTTI, J. P. Determinant impact of waste collection and composition on anaerobic digestion performance: industrial results. *Water Science and Technology*, v. 41, n. 3, p. 291-297, 2000.

SALA, G.; CALCATERRA, E. Le processus Ecodeco Biocubi registered et son application pour optimiser le traitement et le devenir des dechets residuels. *Techniques sciences methods: génie urbain-genie rural*, v. 3, p. 57-62, 2004.

SECRETARIA DE ENERGIA DO ESTADO DE SÃO PAULO. Maior termelétrica movida a biogás de resíduos sólidos urbanos do Brasil é inaugurada no Estado de São Paulo. 2016. Disponível em: <<http://www.energia.sp.gov.br/2016/09/maior-termeletrica-movidabiogas-de-residuos-solidos-urbanos-do-brasil-e-inaugurada-noestado-de-sao-paulo/>>.

SRI INTERNATIONAL. Data summary of municipal solid waste management alternatives. National Renewable Energy Laboratory. 1992. Disponível em: <<http://www.p2pays.org/ref/11/10516/>>.

STRINGFELLOW, T. An independent engineering evaluation of wasteto-energy technologies, renewable energy world. 13 jan. 2014, Disponível em: <<http://www.renewableenergyworld.com/articles/2014/01/an-independent-engineering-evaluation-of-waste-to-energy-technologies.html>>.

THE AMERICAN CHEMISTRY COUNCIL. Gasification of non-recycled plastics from municipal solid waste in the united states. Fairfax: GBB, 2013. Disponível em: <<https://plastics.americanchemistry.com/Sustainability-Recycling/Energy-Recovery/Gasification-of-Non-Recycled-Plastics-from-Municipal-Solid-Waste-in-the-United-States.pdf>>.

THEMELIS, N.; ULLOLA, P. Methane generation in landfills. *Renewable Energy*, v. 32, p. 1243-1257, 2007.

THIEL, S.; THOME-KOZMIENSKY, K. J. Co-combustion of solid recovered fuels in coal-fired power plants. *Waste Management & Research*, v. 30,n. 4, p. 392-403, 2012.

VELIS, C. Solid recovered fuels: key concept and research advances.2012. Disponível em: <<http://www.d-waste.com/reports/solid-recovered-fuelskey-concepts-and-research-advances-detail.html>>.

VELIS, C. A. et al. Production and quality assurance of solid recovered fuels using mechanical-biological treatment (MBT) of waste: a comprehensive assessment. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*,v. 40, n. 12, p. 979-1105, 2010.

WAGLAND, S. T. et al. Comparison of coal/solid recovered fuel (SRF) with coal/refuse derived fuel (RDF) in a fluidised bed reactor. *Waste Management*, v. 31, n. 6, p. 1176-1183. 2011.

WASTE ATLAS. Waste Atlas. Disponível em: <[www.atlas.d-waste.com](http://www.atlas.d-waste.com)>.

WTERT COLOMBIA. WTERT Colombia. Disponível em: <[www.WTErt.org](http://www.WTErt.org)>.

WU, H. et al. Trace elements in co-combustion of solid recovered fuel and coal. *Fuel Processing Technology*. v. 105, p. 212-221, 2013.

YOUNG, Gary C. Municipal solid waste to energy conversion processes economic, technical, and renewable comparisons. Hoboken: Wiley, 2010. Disponível em: <<http://energy.cleartheair.org.hk/wp-content/uploads/2012/01/Municipal-Solid-Waste-to-Energy-Conversion-Processes-Economic-Technical-And-Renewable-Comparisons-0470539674-Wiley-1.pdf>>.

## 15. DEFINIÇÕES

- **Resíduos sólidos:** Resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.
- **Periculosidade de um resíduo:** Característica apresentada por um resíduo que, em função de suas propriedades físicas, químicas ou infectocontagiosas, pode apresentar:
  - risco à saúde pública, provocando mortalidade, incidência de doenças ou acentuando seus índices;
  - riscos ao meio ambiente, quando o resíduo for gerenciado de forma inadequada.
- **Toxicidade:** Propriedade potencial que o agente tóxico possui de provocar, em maior ou menor grau, um efeito adverso em consequência de sua interação com o organismo.
- **Agente tóxico:** Qualquer substância ou mistura cuja inalação, ingestão ou absorção cutânea tenha sido cientificamente comprovada como tendo efeito adverso (tóxico, carcinogênico, mutagênico, teratogênico ou ecotoxicológico).
- **Toxicidade aguda:** Propriedade potencial que o agente tóxico possui de provocar um efeito adverso grave, ou mesmo morte, em consequência de sua interação com o organismo, após exposição a uma única dose elevada ou a repetidas doses em curto espaço de tempo.
- **Agente teratogênico:** Qualquer substância, mistura, organismo, agente físico ou estado de deficiência que, estando presente durante a vida embrionária ou fetal, produz uma alteração na estrutura ou função do indivíduo dela resultante.
- **Agente mutagênico:** Qualquer substância, mistura, agente físico ou biológico cuja inalação, ingestão ou absorção cutânea possa elevar as taxas espontâneas de danos ao material genético e ainda provocar ou aumentar a frequência de defeitos genéticos.
- **Agente carcinogênico:** Substâncias, misturas, agentes físicos ou biológicos cuja inalação ingestão e absorção cutânea possa desenvolver câncer ou aumentar sua frequência. O câncer é o resultado de processo anormal, não controlado da diferenciação e proliferação celular, podendo ser iniciado por alteração mutacional.
- **Agente ecotóxico:** Substâncias ou misturas que apresentem ou possam apresentar riscos para um ou vários compartimentos ambientais.
- **DL50 (oral, ratos):** Dose letal para 50% da população dos ratos testados, quando administrada por via oral (DL – dose letal).
- **CL50 (inalação, ratos):** Concentração de uma substância que, quando administrada por via respiratória, acarreta a morte de 50% da população de ratos exposta (CL – concentração letal).
- **DL50 (dérmica, coelhos):** Dose letal para 50% da população de coelhos testados, quando administrada em contato com a pele (DL – dose letal)

## 16. LISTA DE FIGURAS

Figura 01. Benefícios da Parceria Público Privada

Figura 02. Diagrama Resíduos Sólidos

Figura 03. Classificação dos resíduos sólidos em função da atividade de origem

Figura 04. Classificação dos resíduos sólidos domiciliares

Figura 05. Geração de RSU no Brasil em 2022

Figura 06. Participação das regiões na geração de RSU (%) em 2022

Figura 07. Comparativo geração per capita entre 2021 e 2022

Figura 08. Coleta de RSU no Brasil no ano de 2022

Figura 09. Índice cobertura de coleta de RSU no Brasil e Regiões em 2022.

Figura 10. Índice de cobertura de coleta

Figura 11. Municípios com iniciativas de Coleta Seletiva

Figura 12. Volume de materiais recicláveis recuperados por meio do Programa Dê a Mão para o Futuro

Figura 13. Volume total coletado pelas cooperativas e associações de catadores em 2023, por tipo de material

Figura 14. Gráfico de prioridade

Figura 15. Evolução da destinação adequada de embalagens de defensivos agrícolas (toneladas/ano)

Figura 16. Evolução da destinação adequada de embalagens de óleos lubrificantes (ton/ano)

Figura 17. Evolução da quantidade de pneus inservíveis coletados e corretamente destinados no Brasil

Figura 18. Pneus inutilizáveis expostos

Figura 19. Número de lâmpadas coletadas e destinadas corretamente no Brasil em 2017

Figura 20. Disposição final RSU no ano de 2022.

Figura 21. Tabela de disposição final de RSU no Brasil e regiões, por tipo de destinação em 2022.

Figura 22. Gravimetria de resíduos sólidos urbanos

Figura 23. Planta-padrão de incineração de RSU

Figura 24. Usina elétrica de classificação e incineração de resíduos de Lujishan (Pequim, China)

Figura 25. Esquema das etapas do processo de gaseificação de biomassa.

Figura 26. Processo da produção de clínquer com pontos de alimentação de resíduos para coprocessamento

Figura 27. Diagrama termelétrica

Figura 28. Central nuclear de Angra dos Reis

Figura 29. Ciclo de turbina a vapor por condensação para somente produção de eletricidade

Figura 30. Turbina a vapor de contrapressão para cogeração de calor e eletricidade usando biomassa como combustível.

Figura 31. Exemplo de instalação de turbina a gás

Figura 32. Ciclo combinado - diagrama simplificado

Figura 33. Variação do valor calorífico dos RSU para as plantas WTE europeias

Figura 34. Tabela de valor calorífico líquido para diferentes tipos de resíduos

Figura 35. Produtos típicos das plantas WTE

Figura 36. Tabela de conversão do potencial energético para diferentes tipos de instalações de incineração de resíduos

Figura 37. Conteúdo energético e produção de energia dependendo do poder calorífico

Figura 38. Calor produzido a partir de 1 tonelada de RSU

Figura 39. Tabela de fatores de emissões de diferentes combustíveis

Figura 40. Tabela 01: Uso de recuperação térmica de CDR na Alemanha em 2007

Figura 41. Insumos e produtos típicos de uma planta DA

Figura 42. Tabela de produção de biogás em digestores de larga escala que tratam uma variedade de RSU orgânicos úmidos

Figura 43. Metano produzido a partir de 1 tonelada de RSU

Figura 44. Hierarquia do lixo segundo o Conselho de União Europeia

Figura 45. Plantas WTE localizadas ao redor do mundo

Figura 46. Waste-to-energy na Europa 2021

Figura 47. Gráficos da situação atual das Waste-to-energy na Europa

Figura 48. Panorama da reciclagem, compostagem e tratamento térmico de RSU no mundo<sup>47</sup>

Figura 49. Gráfico da EPE

Figura 50. WTE na Economia Circular

Figura 51. Atores de interesse dos projetos de WTE

Figura 52. Organograma sistema elétrico brasileiro

Figura 53. Atores que devem ser os maiores interessados nos projetos de WTE no Brasil

Figura 54. Balanço de CO<sub>2</sub> de diferentes fontes de energia

Figura 55. Benefícios da recuperação energética de resíduos

Figura 56. Localização de Lauro de Freitas

Figura 57. Vista aérea da localização de Lauro de Freitas

Figura 58. Imagem orla

Figura 59. Imagem orla/rio

Figura 60. Imagem orla/rio

Figura 61. Imagem calçadão orla

Figura 62. Ausência de compactação do lixão do Quingoma

Figura 63. Entrada do Quingoma

Figura 64. Encostas irregulares do lixão do Quingoma

Figura 65. Rua de acesso ao Quingoma

Figura 66. Localização AMC

Figura 67. Guarita de acesso ao AMC

Figura 68. Balança de controle

Figura 69. Sistema de controle de peso

Figura 70. Segunda etapa da célula 7

Figura 71. Segunda etapa da célula 7

Figura 72. Segunda etapa da célula 7

Figura 73. Lagoa de lixiviado

Figura 74. Local armazenamento de lixiviado

Figura 75. Usina de Biogás

Figura 76. Carregamento para transporte Biogás

Figura 77. APA Joanes - Ipitanga

Figura 78. Bacia hidrográfica

Figura 79. Pirâmide por faixa etária de Lauro de Freitas

Figura 80. Mapa Territorial de Lauro de Freitas

Figura 81. PIB per capita de Lauro de Freitas

Figura 82. Situação da Saúde do Município

Figura 83. Situação da educação no Município

Figura 84. Layout conceitual para Usina Termoquímica de Geração Elétrica através de Resíduos Sólidos Urbanos

Figura 85. Gravimetria estimada PMGIRS

Figura 86. Beneficiamento e composição CDR-U

Figura 87. Reator em leito fluidizado - Principais reações de geração de gás

Figura 88. Sistema de geração de energia com gás de síntese

Figura 89.. Arranjo geral da engenharia conceitual - Divisão por macroetapa

Figura 90. Áreas de estoque de combustível

Figura 91. Composição amostras de cinzas

Figura 92. Grua manipuladora

Figura 93. Trituradores

Figura 94. Separador magnético

Figura 95. Secador Homogeneizador Rotativo

Figura 96. Separador aerólico

Figura 97. Manipulação de CDR a granel

Figura 98. Exemplo de plenum de reator

Figura 99. Leito inativo

Figura 100. Leito (fase inicial 1)

Figura 101. Leito (fase inicial 2)

Figura 102. Leito fluidizado circulante

Figura 103. Modelo de planta termoquímica de gaseificação

Figura 104. Leito Fluidizado Circulante

Figura 105. Modelo de alimentação de CDR

Figura 106. Ilustração da alimentação

Figura 107. Conjuntos de alimentação do reator

Figura 108. Sistema de ventiladores centrífugos industriais

Figura 109. Ciclone na cabeça de saída do reator com superaquecedor



Figura 110. Sistema de troca de calor

Figura 111. Sistema de extração de cinzas

Figura 112. Trocadores de calor

Figura 113. Sistema de partida do reator

Figura 114. Sistema de lavagem dos gases

Figura 115. Sistema de inertização da planta

Figura 116. Planta de geração de energia elétrica

Figura 117. Componentes planta geração de energia

Figura 118. Exemplo de queimador a gás de síntese Lo-Nox

Figura 119. Caldeira aquatubular de gás de síntese (exemplo)

Figura 120. Exemplo de grupo turbogerador

Figura 121. Estação de Tratamento de Água da UTGE - Reaproveitamento de recursos hídricos dos resíduos

Figura 122. Emissão gaseificação CDR-U

Figura 123. Sistema de alimentação de carbonato de cálcio, ao lado de silo de autonomia de areia

Figura 124. Sistema de lavagem dos gases

Figura 125. Gráfico de formação de Nox

Figura 126. Modelo de CEMS

Figura 127. Modelo de analisador de particulado - Referência: Dusthunter SB, empresa Sick

Figura 128. Modelo de analisador multigas - Referências: Multigas IR-GFC, empresa Envea e MCS200HW, empresa Sick

Figura 129. Monitor ultrassônico de fluxo de gás e temperatura

Figura 130. Modelo de Transdutor de Pressão - Referência: VKP-027, empresa Velki

Figura 131. Modelo de dados apresentados pelo software – Referência: MEAC2000 EU, fabricante SICK

Figura 132. Fluxograma

Figura 133. Layout

Figura 134. Indicação de área para implantação

Figura 135. Indicação de área para implantação

Figura 136. Indicação de área para implantação

Figura 137. Obras e Edificações

Figura 138. Taxa de crescimento geração RSU

Figura 139. Planilha estimativa RSU 2026-2055

Figura 140. CAPEX

Figura 141. OPEX

Figura 142. Fluxo caixa

Figura 143. Calculadoras

Figura 144. Curva Selic

Figura 145. Comparativo Ibovespa x Util

Figura 146. Comparativo Ibovespa x Cotação CEMIG4 (4 anos)

Figura 147. Comparativo Ibovespa x Cotação CEMIG4 (6 anos)

Figura 148. Série Variância

Figura 149. Premissas

17. ANEXO

- TERMO DE REFERÊNCIA PARA CONTRATAÇÃO DE EIA-RIMA – ENTREGUE ARQUIVO DE FORMA DIGITAL

# ANEXO