



**CIDADE DE
SÃO PAULO**



**CLIMATE &
CLEAN AIR
COALITION**
TO REDUCE SHORT-LIVED
CLIMATE POLLUTANTS

ESTUDO DE VIABILIDADE PARA A CONSTRUÇÃO DE UM ECOPARQUE NA ZONA SUL DA CIDADE DE SÃO PAULO

SUMÁRIO EXECUTIVO

Elaborado pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos
Especiais (Abrelpe)

em nome da

Climate and Clean Air Coalition – Municipal Solid Waste Initiative

São Paulo
2020



CIDADE DE
SÃO PAULO



CLIMATE &
CLEAN AIR
COALITION
TO REDUCE SHORT-LIVED
CLIMATE POLLUTANTS

APRESENTAÇÃO

O presente Sumário Executivo do Projeto para a Construção de um Ecoparque na Zona Sul da cidade de São Paulo é uma realização da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), em nome da Iniciativa de Resíduos Sólidos Municipais da Coalizão Clima e Ar Limpo (CCAC, em inglês) para a Prefeitura Municipal de São Paulo (PMSP), Brasil.

São Paulo integrou a rede de cidades da Iniciativa de Resíduos da CCAC em 2014 e pode-se considerar na liderança dos outros sete¹ municípios brasileiros igualmente integrantes e que possuem o compromisso de aprimorar a gestão de seus resíduos sólidos com vistas à mitigação das emissões de poluentes climáticos de vida curta, os SLCPs, como o metano e o carbono negro. Com alto poder de impacto climático e podendo ser até 87 vezes mais danoso do que o dióxido de carbono em um horizonte de 20 anos, o metano é o principal poluente gerado pelo sistema linear de gestão de resíduos sólidos, especialmente sua fração orgânica que acaba confinada em aterros sanitários. E São Paulo, como uma das principais megacidades do mundo, tem urgência na incorporação de soluções que promovam um melhor aproveitamento de seus resíduos orgânicos e, por consequência, das demais frações como os resíduos recicláveis secos.

Como parte do escopo de uma ampla assistência técnica, econômico-financeira e regulatória que reúne especialistas do setor de resíduos sólidos e mudanças climáticas, a entrega do **presente projeto conceitual de um ecoparque de tratamento de resíduos sólidos urbanos representa uma discussão qualificada sobre inovação tecnológica em São Paulo e na América Latina**. E traz as seguintes premissas: adequada à composição dos resíduos sólidos urbanos locais; com valorização do resíduo enquanto recurso, com geração de subprodutos para outros setores; com mitigação das emissões de metano e carbono negro resultantes do tratamento adequado da fração orgânica, recuperação de recicláveis secos e otimização da circulação de caminhões; viabilidade econômico-financeira de sua instalação e operação.

Nesse sentido, o conteúdo abordado inicia pelo estudo de viabilidade técnica com uma apresentação da área estudada para o empreendimento e aprofunda o arranjo tecnológico selecionado após um processo de intenso debate técnico entre representantes da Autoridade Municipal de Limpeza Urbana da Prefeitura de São Paulo (AMLURB/PMSP), da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb), da Concessionária Ecourbis Ambiental S.A., da ABRELPE e consultores. Sequencialmente, é apresentada a análise econômico-financeira de referida alternativa e segue para o estudo da viabilidade regulatória para implementação do empreendimento. Por fim, traz as discussões internacionais sobre as emissões de poluentes climáticos, o potencial de mitigação do arranjo tecnológico recomendado e sua comparação com o cenário atualmente operado pela municipalidade.

¹ Rio de Janeiro, Brasília, Curitiba, Santos, São Luís, Manaus e Consórcio Consimares.



**CIDADE DE
SÃO PAULO**



**CLIMATE &
CLEAN AIR
COALITION**
TO REDUCE SHORT-LIVED
CLIMATE POLLUTANTS

FICHA TÉCNICA

CONCEPÇÃO E COORDENAÇÃO

Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE)/
secretaria@abrelpe.org.br.

Equipe:

Carlos Roberto Vieira Silva Filho – Presidente

Gabriela Gomes Prol Otero Sartini – Coordenadora Técnica

Fernanda Cristina Romero – Analista ambiental

A ABRELPE é uma associação civil sem fins lucrativos, que congrega e representa as empresas que atuam nos serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos. Sua atuação está pautada nos princípios da preservação ambiental e do desenvolvimento sustentável e seu objetivo principal é promover o desenvolvimento técnico-operacional do setor de resíduos sólidos no Brasil.

No contexto internacional, a ABRELPE é a representante no Brasil da ISWA – International Solid Waste Association, a principal entidade mundial dedicada às questões relacionadas aos resíduos sólidos, e sede da Secretaria Regional para a América do Sul da IPLA (Parceria Internacional para desenvolvimento dos serviços de gestão de resíduos junto a autoridades locais), um programa reconhecido e mantido pela ONU através da UNCRD - Comissão das Nações Unidas para Desenvolvimento Regional. Além disso, a ABRELPE é integrante da Iniciativa para os Resíduos Sólidos Municipais da CCAC (em inglês, Climate and Clean Air Coalition), uma parceria internacional para o meio ambiente que atua em diversas frentes para redução de poluentes e no combate às mudanças climáticas.

AUTORIA

Estudo de viabilidade técnica

COLTURATO ENGENHARIA AMBIENTAL EIRELI

Luis Felipe de Dornfeld Braga Colturato – Especialista Líder e Diretor Técnico

Tathiana Almeida Seraval – Diretora de Planejamento

Estudo de viabilidade econômico-financeira

Alexandre Citvaras - Consultor

Luis Felipe de Dornfeld Braga Colturato – Consultor

Estudo do ambiente regulatório

Mattos Filho, Veiga Filho, Marrey Jr e Quiroga Advogados

COLABORADORES

Ednei Rodrigues Silva – Gerente Técnico da Ecourbis Ambiental S.A

Tulio Barroso Rossetti – Gerente de Planejamento da AMLURB/PMSP

Com especial agradecimento à Sandra Mazo-Nix, coordenadora da Iniciativa de Resíduos da CCAC e suas contribuições no processo de revisão.



CIDADE DE
SÃO PAULO



CLIMATE &
CLEAN AIR
COALITION
TO REDUCE SHORT-LIVED
CLIMATE POLLUTANTS

SIGLAS

ABRELPE- Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais

ABS- Acrilonitrila butadieno estireno

ACL- Ambiente de Contratação Livre

ACR- Ambiente de Contratação Regulada

AMLURB - Autoridade Municipal de Limpeza Urbana

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica

ANP-Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

BOT- Build, Operate, Transfer

CACS- Covered Aerated Channels Systems

CAPEX- Capital Expenditure

CASP- Covered Aerated Static Piles,

CBIO- Crédito de Descarbonização por Biocombustíveis

CCAC- Climate and Clean Air Coalition

CDR- Combustível Derivado de Resíduos

CDRU- Combustível Derivado de Resíduos Sólidos Urbanos

CETESB- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

CHP- Combined Heat and Power

CMT- Central Mecanizada de Triagem

CONAMA- Conselho Nacional do Meio Ambiente

CTL- Central de Tratamento Leste

CTLU- Câmara Técnica de Legislação Urbanística

CVM- Comissão de Valores Mobiliários

EBITDA- Earnings before Interest, Taxes, Depreciation and Amortization

ECAL- embalagens de cartão para alimentos líquidos

EIA-Estudo de impacto ambiental

EPA-Environmental Protection Agency

EPC- Engineering, Procurement, Construction

EPS- Expanded polystyrene

GEE- Gases de efeito estufa

GNR- Gás Natural Renovável

INFRA- Infraestrutura

IPLA- International Partnership for Expanding Waste Management Services of Local Authorities

LI- Licença de Instalação

LO- Licença de Operação



**CIDADE DE
SÃO PAULO**



**CLIMATE &
CLEAN AIR
COALITION**
TO REDUCE SHORT-LIVED
CLIMATE POLLUTANTS

LP- Licença Prévia

LPT- Linha de pré-tratamento

MOR- Matéria orgânica dos resíduos

nR- Uso Não Residencial

O&M - Operação e manutenção

OPEX-Operational Expenditure

PCI- poder calorífico inferior

PE- Polietileno

PET- Polietileno tereftalato

PFRP- Process to Further Reduce Pathogens

PGIRS- Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos

PMSP- Prefeitura Municipal de São Paulo

PNRS- Política Nacional de Resíduos Sólidos

PP- Polipropileno

PVC- Policloreto de vinila

RCC- Resíduos da construção civil

RIMA- Relatório de impacto ambiental

RSD- Resíduos sólidos domiciliares

RSS- Resíduos dos serviços de saúde

RSU- Resíduo Sólido Urbano

SIN- Sistema Interligado Nacional

SINMETRO- Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial

SISNAMA- Sistema Nacional do Meio Ambiente

SLCP- Short-Lived Climate Pollutants

SNVS- Sistema Nacional de Vigilância Sanitária

ST- Sólidos totais

SWEET- Solid Waste Emissions Estimation Tool

TDH – Tempo de detenção hidráulica

TIR- Taxa Interna de Retorno

TMB- Tratamento Mecânico Biológico

TUSD- Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição

TUST- Tarifa de Uso do Sistema de Transmissão

URE- Unidade de recuperação energética

VPL- Valor Presente Líquido

ZM- Zona Mista

Sumário

PARTE 1- ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA	7
1. Caracterização da área objeto de estudo e premissas do escopo técnico básico	8
1.1. Definição da área objeto do estudo: Agrupamento Sudeste	8
1.1.1. Estação de Transbordo Santo Amaro.....	9
1.1.2. Central Mecanizada de Triagem: Carolina Maria de Jesus.....	9
1.1.3. Central de Tratamento de Resíduos Leste (CTL).....	10
1.2. Premissas e escopo técnico básico	11
2. Recomendação do melhor arranjo tecnológico para o Ecoparque de São Paulo	12
2.1. Pré-tratamento	14
Recepção.....	14
2.1.1. Primeira etapa de segregação	15
2.1.2. Linha dos finos (orgânicos).....	16
2.1.3. Linha Intermediária e CDR.....	19
2.1.4. Linha Rolantes (3D) originada no separador balístico.....	19
2.1.5. Linha Planares (2D) e CDR originadas no separador balístico.....	20
2.1.6. Prensas e enfardamento.....	21
2.1.7. Fluxograma base do sistema de pré-tratamento	21
2.2. Sistema de Estabilização Biológica	23
2.2.1. Introdução.....	26
2.2.2. Aeração	26
2.2.3. Metanização.....	26
2.2.4. Encerramento do Processo de Geração de Biogás e esvaziamento dos túneis.....	27
2.2.5. Pós-tratamento do digestato	28
2.2.6. Descrição operacional do processo de compostagem	30
2.3. Layout da Instalação	34
Sistema de tratamento integrado.....	35
2.4. Considerações finais sobre o conceito tecnológico	37
PARTE 2- ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA	39
1. Contextualização	40
2. Cenários Propostos para o Ecoparque de São Paulo	40
3. Cenários para o Ecoparque de São Paulo	41
PARTE 3- ESTUDO DE VIABILIDADE REGULATÓRIA	43
1. Contextualização	44
2. Modelagem contratual compreendendo sugestão de modalidade de contratação da operadora do projeto pelo município	44
2.1. Alternativa 1 - Prestação dos serviços pela Ecurbis	44
2.2. Alternativa 2 - Realização de nova contratação pela Prefeitura.....	46



**CIDADE DE
SÃO PAULO**



**CLIMATE &
CLEAN AIR
COALITION**
TO REDUCE SHORT-LIVED
CLIMATE POLLUTANTS

3. Questões regulatórias aplicáveis à área do Projeto para avaliar eventuais restrições para implantação.....	47
3.1 Licenciamento ambiental sobre a área em estudo, compreendendo descrição das licenças ambientais necessárias à implantação do Projeto e passo a passo para sua obtenção..	48
4. Viabilidade regulatória da comercialização dos produtos gerados pelo projeto	49
4.1. Energia elétrica.....	49
4.2. Biogás/Biometano	50
4.3. CDR.....	50
4.4. Composto.....	51
PARTE 4- CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE A IMPLANTAÇÃO DE UM ECOPARQUE NO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO	52
1. Solução integrada para aproveitamento dos resíduos sólidos no município de São Paulo .	53
2. Potencial de redução de emissões com a implementação do Ecoparque de São Paulo segundo a ferramenta SWEET	54



**CIDADE DE
SÃO PAULO**



**CLIMATE &
CLEAN AIR
COALITION**
TO REDUCE SHORT-LIVED
CLIMATE POLLUTANTS

PARTE 1- ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA

1. Caracterização da área objeto de estudo e premissas do escopo técnico básico

O presente capítulo traz breve caracterização da área definida para implantação do Ecoparque, discutindo os aspectos estruturais e de composição dos resíduos sólidos urbanos (RSU) gerados na região-alvo. Também são descritas as premissas e escopo básico da proposta do Ecoparque.

1.1. Definição da área objeto do estudo: Agrupamento Sudeste

Após análise realizada pela equipe do projeto das áreas potenciais para implementação do Ecoparque, foi definido um terreno localizado no agrupamento Sudeste do município de São Paulo, que compreende 19 subprefeituras e possui 7.378.843 habitantes, o que corresponde a 60% da população total. Na região são coletadas 2.226.257 toneladas de resíduos anualmente, das quais 35.383 toneladas são resíduos recicláveis secos coletados separadamente, os quais são encaminhados para a Central Mecanizada de Triagem (CMT) Carolina Maria de Jesus e cooperativas cadastradas; exceto por essas últimas, o mapa a seguir apresenta a localização dessas instalações.



Figura 1. Área pretendida para a construção do Ecoparque de São Paulo e a localização das instalações nas áreas adjacentes.

A área estudada está inserida em malha urbana, portanto, é imprescindível que o sistema a ser projetado contemple alguns diferenciais e pontos relevantes, tais como:

- ✓ Contenção, captação e tratamento do ar atmosférico dos sistemas de pré-tratamento e biológico;
- ✓ Sistemas de alto rendimento, por limitações de espaço;
- ✓ Sistemas cobertos;
- ✓ Geração de composto de qualidade;

- ✓ Redução de resíduo de planta;
- ✓ Maximização da redução de emissões;
- ✓ Priorização de sistemas robustos e de baixo custo operacional;
- ✓ Minimização da geração de efluentes;
- ✓ Combinação de sistemas de alta performance com geração de emprego e renda.

Trata-se, portanto, de um local altamente estratégico, uma vez que a estação de transbordo é responsável por aproximadamente 60% dos resíduos coletados no agrupamento Sudeste. Além disso, é a estação mais distante do aterro sanitário, sendo 28% da distância percorrida para transferência em relação ao total do agrupamento. O tratamento local de uma parcela dos resíduos, a ser viabilizado pelo Ecoparque, representa uma importante redução de custos operacionais de transporte e aterramento destes materiais, bem como considerável volume de emissões evitadas durante todo o processo.

As instalações localizadas no agrupamento Sudeste são descritas no item a seguir.

1.1.1. Estação de Transbordo Santo Amaro

A Estação Municipal de Transbordo de Resíduos Domiciliares - Transbordo Santo Amaro, está localizada no distrito de Santo Amaro e iniciou sua operação em 1995; apesar de possuir capacidade instalada de 3.000 t/dia, atualmente recebe cerca de 2.400 t/dia.

A transferência ocorre a partir de veículos compactadores, com capacidade média de 12 toneladas, para veículos de transporte com capacidade média de 28,7 toneladas. São realizadas aproximadamente 519 viagens semanais ao Centro de Tratamento Leste (CTL), distante 54 km, totalizando cerca de 8.000 km/dia ou 2.922.710 km anuais percorridos.

A operação atende às regiões de Cidade Ademar, Campo Limpo, Capela do Socorro, Jabaquara, Vila Mariana, Santo Amaro, M'Boi Mirim e Parelheiros.



Figura 2. Estação de Transbordo Santo Amaro.

1.1.2. Central Mecanizada de Triagem: Carolina Maria de Jesus

A CMT Carolina Maria de Jesus foi inaugurada em 16 de julho de 2014 e está situada na Vila Sabará. A instalação é equipada com tecnologia europeia e possui área construída de 4.820 m², com capacidade diária projetada de 250 toneladas de resíduos recicláveis secos. Entretanto, devido à baixa qualidade da segregação na fonte e desvio de materiais pelo

sistema informal de coleta, a instalação processa atualmente 85 t/dia, com taxa de rejeito de 45%, que são encaminhados à CTL.

Os caminhões da coleta seletiva descarregam os materiais em um pátio de armazenamento e, através de uma pá carregadeira, esses são transferidos a um rasga sacos e direcionados por uma esteira transportadora. Os materiais são então separados em três granulometrias (grande, média e fina) a partir de um trommel duplo. Posteriormente, são direcionados a três linhas de segregação com separadores magnéticos, por indução, ópticos, separador balístico e cabines de triagem. A instalação contempla a separação dos principais componentes recicláveis: papel, papelão, embalagens de cartão para alimentos líquidos (ECALs), materiais ferrosos e não-ferrosos e plásticos. Ao término do processo, os materiais são enfardados e comercializados para destino às indústrias de transformação.



Figura 3. CMT Carolina Maria de Jesus em operação.

1.1.3. Central de Tratamento de Resíduos Leste (CTL)

Situada no bairro de São Mateus, sua operação foi iniciada em novembro de 2010 para recebimento de resíduos domiciliares e resíduos de serviços de saúde após tratamento. Desde então já recebeu aproximadamente seis milhões de toneladas de resíduos dispostos em um volume de cerca de 21 milhões de metros cúbicos, uma densidade média de aproximadamente 0,3 t/m³. Em 2018, a Ecourbis destinou 2.190.874,18 toneladas ao aterro, o equivalente a 6.000 t/dia. Considerando uma população de 7.378.843 habitantes do agrupamento, a taxa média de geração per capita foi de 0,81 kg/hab/dia. Para a gestão do aterro sanitário, a Ecourbis possui um orçamento médio anual de R\$ 42 milhões.

A área total do empreendimento da CTL é de 1.827.696 m², com 97 hectares disponíveis para aterramento dos resíduos, cuja vida útil seria encerrada em 2024. Porém, devido às obras de ampliação que já estão sendo realizadas, seu encerramento será postergado para 2026.

De acordo com uma caracterização realizada no terceiro quadrimestre de 2017, o principal tipo de resíduo enviado à instalação é orgânico, respondendo por quase metade do montante (49%), seguido por papel, papelão e jornal (11%), plástico mole (10%) e plástico duro (6%), além de outras frações em menor representatividade, conforme ilustra o gráfico a seguir.

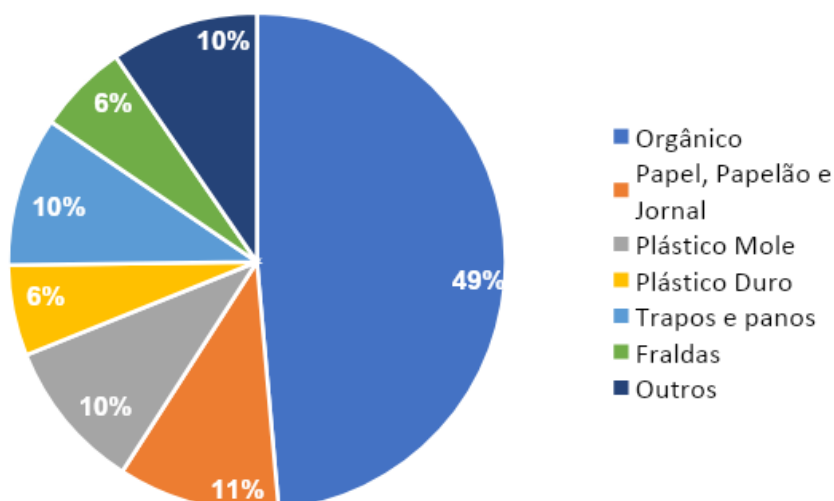


Figura 4. Composição média dos RSU enviados ao CTL (Base: Caracterização Ecourbis - 2018).

1.2. Premissas e escopo técnico básico

Considerando a tipologia dos resíduos e a forma majoritária de coleta regular dos resíduos domiciliares misturados, há basicamente duas alternativas tecnológicas para São Paulo: unidades de Tratamento Mecânico Biológico (TMB) ou sistemas de tratamento térmicos (incineração, pirólise ou gaseificação). A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) estabelece ordens de prioridades no sistema de gestão dos RSU e o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) está alinhado a essa Política. Portanto, deve ser dada preferência a sistemas de recuperação e valorização dos resíduos coletados, e os sistemas de TMB se mostram os mais indicados.

Segundo o PGIRS 2014 (p. 52):

A intensa segregação e reciclagem dos diversos resíduos (RSD Secos, RCC, RSS, industriais e outros), a retenção dos resíduos orgânicos e compostagem *in situ* em domicílios, condomínios e comunidades, a priorização da coleta seletiva e compostagem eficientizada dos orgânicos, e a adoção da biodigestão para eliminação do biogás, adotadas no PGIRS de São Paulo, são a melhor alternativa para o cumprimento dos preceitos da Política Nacional sobre Mudança do Clima.

Como uma das premissas do projeto, o Ecoparque de São Paulo priorizará a segregação do resíduo em quatro frações:

- **Recicláveis:** separada em distintos materiais – diversos tipos e cores de plásticos (PP, PEAD, PET etc.), papel, papelão, vidro, metais ferrosos e não ferrosos, dentre outros);
- **Matéria orgânica biodegradável:** restos de comida, podas etc.;
- **Combustível Derivado de Resíduos (CDR):** produto contendo majoritariamente plásticos, papéis e tecidos, sem reciclabilidade, com poder calorífico e granulometria determinada;
- **Rejeitos:** materiais sem reciclabilidade e que não são passíveis de serem transformados em CDR.

Em relação à fração orgânica recuperada na fase de segregação, é comum obter elevada concentração de impróprios (até 15%), o que deverá ser mitigado por meio de equipamento adequado para remoção desses materiais para melhorar as características do composto final.

2. Recomendação do melhor arranjo tecnológico para o Ecoparque de São Paulo

Após avaliação técnica pela equipe do projeto, foi definido o arranjo tecnológico que melhor se adequa aos objetivos propostos, com atendimento das necessidades do município, tendo por base as seguintes premissas:

- **A planta deve ser um modelo a ser seguido principalmente no Brasil, mas também para países em vias de desenvolvimento.**
- **A instalação deve priorizar equipamentos e fornecedores de primeira linha.**
- **Robustez operacional da instalação.**
- **É recomendável que a linha de pré-tratamento possa ser ampliada e/ou possibilite a inserção de equipamentos futuros (modularidade).**
- **Sistema de estabilização biológica robusto e concebido para operar com material com presença de até 15% de impróprios.**
- **Geração de energia elétrica/térmica para reduzir custos de operação.**
- **Deve-se avaliar *upsides* para incremento de receitas da instalação (CDR).**
- **Deve-se priorizar sistemas que ampliem a mitigação das emissões de gases do efeito estufa.**

A rota tecnológica definida como mais adequada² inclui a **separação de recicláveis e matéria orgânica para posterior envio à metanização para geração de energia elétrica/térmica e biometano** - Gás Natural Renovável (GNR), contemplando também o seguinte upside: geração de CDR. A figura abaixo ilustra o arranjo tecnológico:

²Previamente ao presente estudo conceitual e como subsídio ao conteúdo neste apresentado, foi desenvolvido um estudo de viabilidade técnica, que contempla um levantamento do estado da arte das tecnologias que compõem um Ecoparque. Além disso, o estudo avaliou possíveis cenários tecnológicos para a cidade de São Paulo, com a recomendação da alternativa adequada. Referido material está disponível na plataforma da CCAC, pelo link: <https://www.waste.ccacoalition.org/>

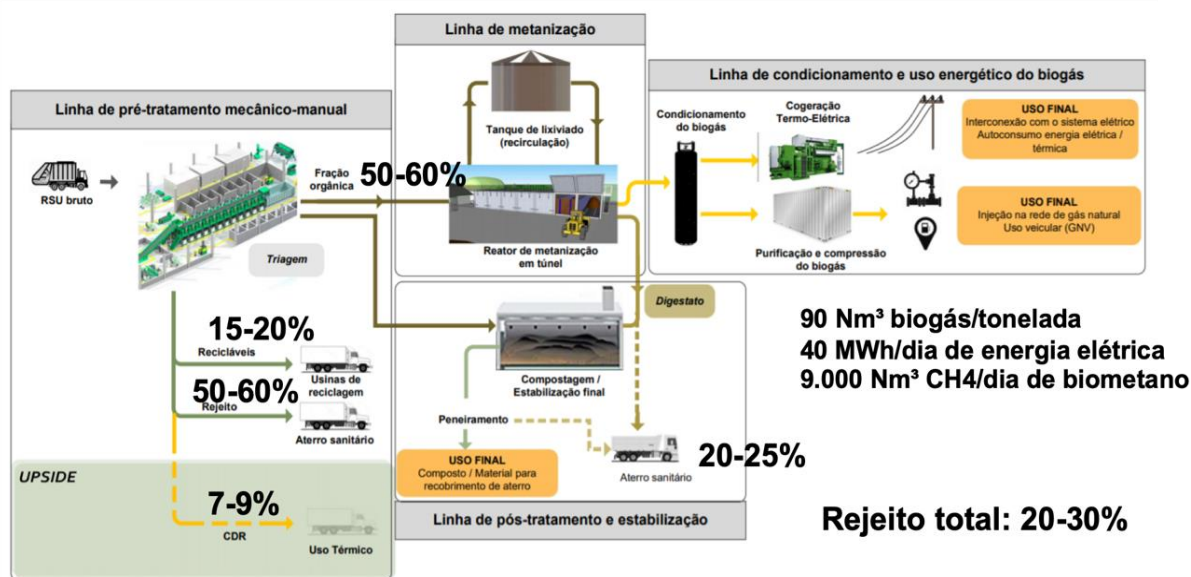


Figura 5. Arranjo tecnológico do cenário definido após breves revisões ao longo do processo de desenvolvimento do presente projeto conceitual.

Em relação ao substrato, foi definido que o resíduo a ser tratado corresponde prioritariamente ao RSU não segregado na fonte, conforme tabela a seguir:

Tabela 4. Origem dos resíduos encaminhados ao Ecoparque.

Resíduos	Capacidade	Origem
RSU não segregado na fonte	1.250 t/dia	Agrupamento Sudeste

A área total considerada para a concepção do Ecoparque foi de 52.000 m² e regime operacional dedois turnos de 7,3 horas, durante seis dias na semana, com parada aos domingos.

Para a etapa de triagem mecânica – manual, o estudo considerou fornecedores de primeira linha inseridos no mercado nacional ou latino americano, sendo fundamental a experiência com resíduos com maior similaridade ao gerado localmente. A proximidade ao mercado nacional também é extremamente favorável para as etapas de comissionamento, startup e operação devido à agilidade em serviços de manutenção, fornecimento de peças de reposição e serviços pós-venda.

Em relação à matéria orgânica recuperada na linha de triagem, seu tratamento envolve a adoção de processos de estabilização para utilizá-la como composto orgânico, material de cobertura de aterro sanitário ou mix para CDR. Ressalta-se que, devido à localização da unidade em área urbana, o sistema de controle de odor deve ser eficiente e é recomendado que a empresa fornecedora da linha de triagem seja responsável pelo tratamento do ar atmosférico do galpão. A(s) empresa(s) fornecedora(s) dos sistemas de compostagem e metanação deve(m) ser responsável(is) pelo tratamento dos gases emitidos nestes processos.

Estas tecnologias foram sugeridas em função da escala, local de implantação da unidade, atuação no mercado regional, robustez frente às concentrações de impróprios, baixa taxa de geração de lixiviado de planta e possibilidade de se obter lotes de produtos. Além disso, está em consonância com o Item 4 do PGIRS do município de São Paulo, que traz como diretriz que *“os orgânicos serão conduzidos à biodigestão seca, geração de biogás e complementarmente compostados”*.

A seguir são discutidas as principais etapas que serão realizadas no Ecoparque de São Paulo com as justificativas para a escolha do tipo de pré-tratamento (tratamento mecânico) e estabilização biológica (tratamento biológico) em questão.

2.1. Pré-tratamento

O pré-tratamento é a unidade onde os resíduos são segregados nas frações de interesse, e o conhecimento das composições gravimétricas e granulométricas é de fundamental importância para a concepção dessa unidade, cuja área total disponibilizada para instalação é de 10.000m².

Para a linha de pré-tratamento, o sistema foi subdividido em cinco seções principais:

1. Recepção
 1. Primeira etapa de segregação
 2. Linha dos finos
 3. Linha intermediária + CDR
 4. Prensa e enfardamento

Recepção

O primeiro equipamento de uma planta TMB é a balança para pesagem de caminhões, que pode ser instalada sobre o piso, semi-embutidas ou embutidas, de acordo com as exigências da situação, e incluem rampas de acesso tanto na entrada quanto na saída do veículo.



Figura 6. Balança para pesagem dos caminhões.

Após a pesagem, os caminhões basculam o material na área de recepção, podendo ser: i) em um pátio (também denominado “praia”); ou ii) em um fosso.



Figura 7. Recepção em fosso (esquerda) e praia (direita).

Foi definido o fosso para a recepção dos materiais, com a recomendação de que esse seja dividido em pelo menos duas partes, uma de maior capacidade e uma para facilitar o processo de higienização, além de possibilitar a futura recepção de fração orgânica segregada na fonte.

2.1.1. Primeira etapa de segregação

A primeira etapa de segregação consiste em quatro subsistemas:

1. Alimentação primária (dosificação)
2. Triagem de grandes volumes
3. Cominuição do material
4. Classificação granulométrica

Quando o material é enviado a fossos, a triagem dos materiais volumosos deve ser realizada em cabines de triagem em que operários realizam a remoção manualmente. As cabines são suspensas para que o material removido da esteira seja lançado em uma baía de recepção.



Figura 8. Cabine de triagem de materiais volumosos.

Após a triagem dos materiais volumosos, o equipamento posterior para cominuição do material pode ser um pré-triturador (PreShredder) ou um rasga sacos (Bags Opener). O principal requisito desse sistema é a disponibilização dos materiais para a sequencial segregação.



Figura 9. Pré-triturador (esquerda) e rasga sacos (direita).

A etapa seguinte à cominuição é a **separação granulométrica**, que pode ser realizada por meio de dois equipamentos: peneira rotativa (*Trommel*) ou peneira de discos (*Disc Screen*) para separação dos materiais de duas ou mais granulometrias.

O sistema de separação granulométrica do tipo trommel foi escolhido por: estar presente na maioria das plantas de pré-tratamento de RSU não segregados na fonte; um maior número de fornecedores inseridos no mercado latino americano utilizando este sistema e; pela robustez operacional da unidade.

Um trommel pode ter apenas uma malha de peneiras, ou até três malhas, sendo que usualmente há uma primeira malha redonda de 60-80 mm (separação dos finos).

O mesmo trommel pode ter uma ou duas outras malhas, separando o material em mais duas ou três frações (frações peneiradas e passantes). As malhas intermediárias, geralmente entre 120 e 300 mm, separam principalmente o material a ser reciclado (linhas intermediárias) do resíduo de planta (linha passante).



Figura 10. Vista de um trommel.

A partir da etapa de segregação granulométrica, os materiais se dividem em linhas distintas, sendo elas:

- A. Linha dos Finos;
- B. Linha Intermediária: 3D/2D e CDR;
- C. Linha transbordo (*oversized*).

2.1.2. Linha dos finos (orgânicos)

Cerca de 50% do material de entrada de uma unidade de pré-tratamento é direcionada à fração de finos, geralmente denominada linha de orgânicos.

A fração dos finos pode ser submetida a diferentes processos de remoção de impróprios antes de ser enviada à estabilização biológica e, como principais opções, cabe destacar:

a) **Separador Magnético - remoção dos metais ferrosos**

O separador magnético é um equipamento que possui um eletroímã e uma correia de remoção do material, geralmente posicionado acima e no final de uma esteira. O campo magnético gerado atrai os materiais ferrosos para a sua esteira de rodagem e os transporta para uma região onde não há atuação de campo magnético do equipamento, fazendo com que o material caia por gravidade à respectiva baía de armazenamento.

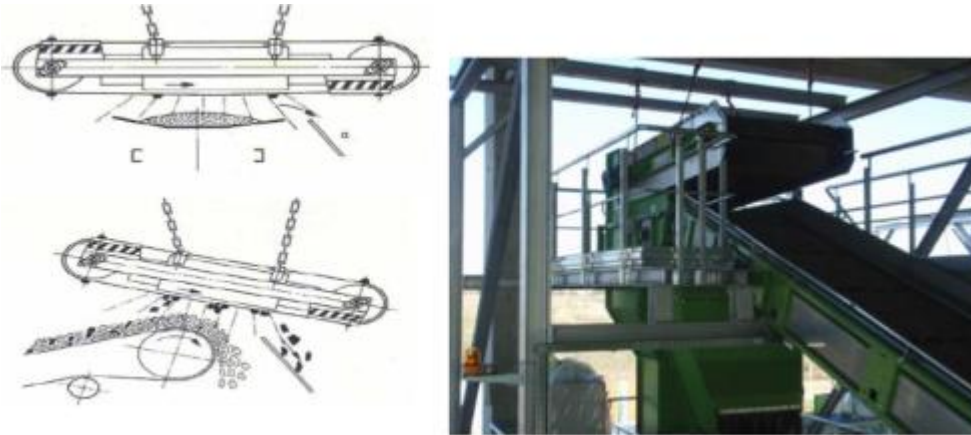


Figura 11. Detalhe de um separador magnético.

b) **Separador Indutivo – separação de metais não ferrosos**

Também denominados Separadores de Corrente Eddy ou Foucault, são destinados à recuperação mecânica de metais em processos de reciclagem. Seu funcionamento consiste na criação de fortes correntes Foucault nas partículas de metais não-ferrosos que os atravessam e os induzem aos mesmos campos magnéticos opostos aos campos externos, sendo os materiais lançados para fora do fluxo de material transportado.

c) **Peneira vibratória (Tipo Flip-Flop)**

Esse equipamento separa o material de maior granulometria - geralmente maior do que 40 mm – que é enviado a um separador óptico. Trata-se de uma esteira inclinada em que as peneiras que a compõem estão geralmente sobrepostas e realizam movimentos oscilatórios e vibratórios, de forma a permitir maior tempo de permanência na peneira e promover a separação de materiais que estejam agregados.



Figura 12. Peneiras do tipo “Flip-Flop”.

d) **Separador Raio X– Remoção de vidros por sistema de cascata**

Um dos principais materiais impróprios presentes na linha de orgânicos são aqueles que se rompem nas etapas anteriores, como o vidro. Uma tecnologia com alto rendimento na separação destes materiais são os Separadores de Raio-X, que usam os sensores com tecnologia de câmera de raios-X para detectar materiais de baixas granulometrias (geralmente > 0,8 mm), possibilitando a identificação de inertes (geralmente vidros) de acordo com a densidade atômica, independentemente de sua superfície. Vale ressaltar que um dos grandes problemas de sistemas contínuos de tratamento da fração orgânica é a presença de vidros, que decantam nos reatores criando zonas mortas e dificultando ou impossibilitando os sistemas de agitação.

As figuras a seguir ilustram esse sistema:

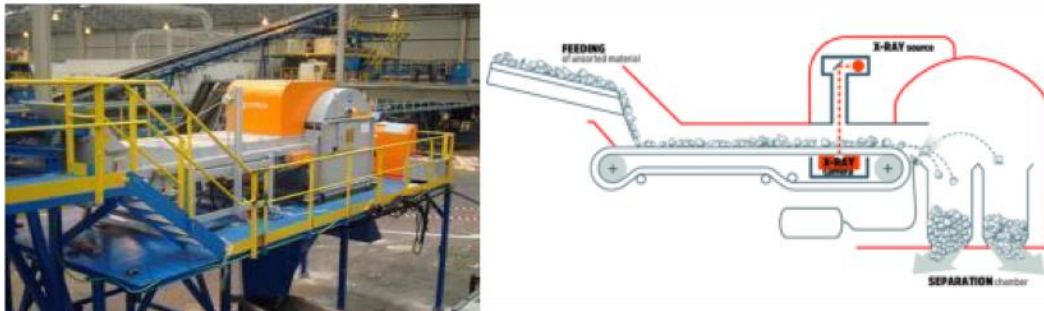


Figura 13. Vista geral do equipamento (à esquerda) e princípio de funcionamento (à direita).

Visão geral quanto à linha dos finos

A tecnologia de estabilização biológica definida foi o sistema extra-seco de metanização. No processo, a remoção dos impróprios é realizada somente no material estabilizado, isso porque, tanto do ponto de vista de eficiência técnica quanto econômica, há maior efetividade. O material nesta etapa encontra-se com menor concentração de umidade e em menor volume, o que garante menores perdas da fração orgânica e menores custos de implantação e operação. Para tanto, definiu-se como estratégia a utilização de sistemas convencionais de limpeza, com separadores magnéticos e peneira vibratória com remoção final dos impróprios após a etapa de estabilização biológica.

As figuras a seguir ilustram distintas qualidades da fração dos finos.



Figura 14. Esteira de transporte de fração fino (esquerda) e pátio de armazenagem da fração fino a ser submetida à estabilização biológica (direita).

2.1.3. Linha Intermediária e CDR

Esta fração corresponde a aproximadamente 30-40% da fração de entrada e nela está contida a maior parte dos materiais com valor de mercado para a reciclagem. Assim, deve ser submetida a um diversificado sistema de segregação, composto por separadores magnéticos, indutivos, separadores balísticos, separadores ópticos, cabines de triagem manual, baias de armazenamento, prensas enfardadoras, dentre outras possibilidades descritas a seguir.

a) Separador Balístico

Geralmente utilizado na primeira etapa de segregação dos materiais intermediários, separando em três diferentes fluxos: fração dos finos, fração dos rolantes (3D) e fração dos planares (2D).

O processo de separação balística contempla pás de movimentos oscilatórios de inclinação positiva (podendo ser ajustável) e possuem uma malha de peneiramento (fração dos finos), uma saída na parte inferior (fração dos rolantes) e uma saída na parte superior (fração dos planares).

A seguir as diferentes frações separadas pelo separador balístico:

- **Fração dos finos:** constituída por materiais pequenos, como grande parte da matéria orgânica e também tampas de embalagens, papel picado e cacos de vidro, que passam através da malha de tamanhos pré-determinados para os separadores balísticos. Estes descarregam os finos nas esteiras dos balísticos e são direcionados às esteiras iniciais da fração dos finos, de forma a possibilitar a remoção de parte do material inorgânico presente.
- **Fração Rolantes (3D):** é a fração de materiais rígidos que rola para trás no sentido contrário ao da inclinação das pás (garrafas, caixas de leite e suco, latas, materiais rígidos em geral). O material 3D cai nas esteiras dessa fração.
- **Fração Planares (2D):** é a fração com materiais planos e/ou largos e mais maleáveis (filme plástico, papel, papelão, sacos, roupas, etc), que são transportados para a parte superior das pás no sentido positivo da inclinação. Os planares dos balísticos caem por calhas até as esteiras de aceleração, respectivamente. Geralmente os separadores balísticos possuem ventiladores para auxiliar o trabalho das pás e levar os materiais planares para a parte superior do equipamento, reduzindo a contaminação da fração rolante. O material não recuperado na linha 2D pode ser transformado em CDR, caso previsto pela instalação.

Dessa forma, a fração de finos do separador balístico é direcionada à fração de finos da segunda etapa de segregação e passa pelos mesmos equipamentos descritos anteriormente. As linhas 2D e 3D são destinadas às linhas específicas, resumidas a seguir.

2.1.4. Linha Rolantes (3D) originada no separador balístico

Como a própria denominação indica, esta fração é composta majoritariamente por materiais tridimensionais, ou seja, garrafas, latas, ECALs e etc, onde está a maior parte do material de alto valor agregado. Essa linha passa por separadores magnéticos, uma cascata de separadores ópticos e separadores indutivos.

a) Separadores ópticos

Os separadores ópticos são cada vez mais utilizados, pois são capazes de separar uma diversidade de materiais mantendo boa qualidade e agilidade de segregação, sendo aptos a identificar: PET, PE, PP, PS, PVC, EPS, ABS, tretrabrick, papel, papelão, madeiras e metais. O equipamento também pode separar materiais por cores, como por exemplo PET cristal, verde, azul e vermelho.

Durante a operação, cada objeto é identificado e sua composição, posição e área são projetadas na esteira. Quando os sensores detectam o material escolhido, a unidade de controle aciona automaticamente a seleção de eletroválvulas correspondentes ao módulo de ejeção das localizadas na extremidade da esteira transportadora, através do qual jatos de ar comprimido separam o objeto escolhido (separação positiva) dos outros materiais (separação negativa). O material processado é então separado em duas frações diferentes na saída “caixa de voo”.

Os materiais soprados e os materiais não soprados são coletados por esteiras. De uma forma geral, os separados em positivo passam por um controle de qualidade manual ou por separador óptico. Dependendo do caso, o material separado, como o PET, pode ser enviado a outro separador óptico ou voltar ao mesmo (porém, esse deve possuir um divisor de esteira, sendo metade utilizada para a separação primária e a outra metade para a separação secundária), para separar os PET cristais de PET coloridos.



Figura 15. Cabines de triagem manual.

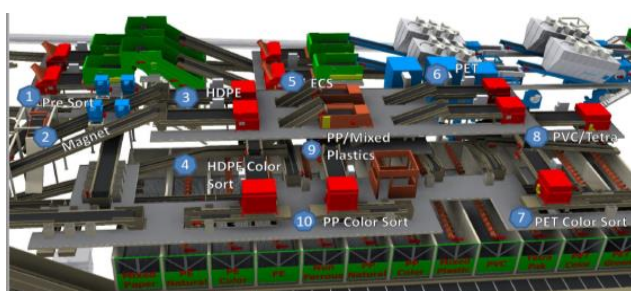


Figura 16. Cascata de ópticos.

2.1.5. Linha Planares (2D) e CDR originadas no separador balístico

A linha 2D é composta basicamente de plásticos filme, papéis, papelão, tecidos, entre outros, onde são instalados separadores ópticos para segregação de plásticos filme de determinada composição, seguido de cabines de triagem para segregação de papelão e outros materiais desejados. O não segregado é utilizado para geração de CDR da instalação, uma vez que nessa linha estão presentes os materiais de alto poder calorífico que não possuem bom preço de mercado de recicláveis, como tecidos, madeira e plásticos filmes.

Após separação positiva, a esteira com o material não recuperado é destinada a um separador magnético (de forma a remover metais que possam prejudicar os trituradores posteriores), e a um ou mais trituradores (que geralmente trituram o material em partículas inferiores a 50 mm ou em tamanho especificado pelo cliente final). Esse material pode passar por um analisador com tecnologia de espectrometria de infravermelho e visível, que mensura on-line a umidade, poder calorífico inferior (PCI) e concentração de cloro do CDR.



Figura 17. Triturador de CDR e vista geral de um CDR triturado.

2.1.6. Prensas e enfardamento

Os materiais recuperados são geralmente prensados e enfardados de forma a otimizar a área de armazenamento temporário e transporte.

As enfardadoras do tipo “Cross Wrap” utilizam plástico filme e são muito aplicadas para enfardar CDR. Recomenda-se seu uso no Ecoparque de São Paulo, já que o CDR sai com uma densidade muito baixa e o custo de transporte pode inviabilizar sua utilização. Vale salientar que o cliente final deve possuir uma desenfardadora em sua instalação a fim de possibilitar a desagregação do material e queima adequada.



Figura 18. Prensa de material reciclado (à esquerda) e enfardadora “Cross Wrap” para CDR (à direita).

2.1.7. Fluxograma base do sistema de pré-tratamento

Em virtude do dimensionamento do sistema para tratar 1.250 t/dia em um regime de operação de seis dias na semana, o Ecoparque de São Paulo terá uma capacidade anual de 390.000 toneladas. Entretanto, o sistema de pré-tratamento pode assumir variações em seus componentes e sua eficiência depende do processo e do resíduo a ser tratado. A tabela a seguir indica as eficiências de separação comumente utilizadas pelas empresas em contrato.

Tabela 5. Eficiências de separação de materiais em uma planta de pré-tratamento.

Componente	Eficiência de separação (%)
Matéria Orgânica	80-90%
Papel, papelão e jornal	40-50%
Vidro	60-70%
Plástico filme	15-35%
Plástico rígido	60-85%
Metais ferrosos	65-95%
Metais não ferrosos	60-85%

O percentual de cada fração dos RSU para finos, recicláveis, CDR e rejeito são apresentados na tabela 6 e as quantidades diárias de materiais nos distintos fluxos da unidade são apresentadas na tabela 7.

Tabela 6. Percentual de cada fração dos RSU para finos, recicláveis, CDR e rejeito.

Material	Finos	Geração contaminantes	CDR	Triagem para rejeitos	Triagem manual para recicláveis	Triagem mecânica para reciclável	Rejeito
Orgânico	73%	2%	7%	0%	0%	0%	18%
Papel, Papelão e Jornal	15%	2%	20%	0%	5%	50%	8%
Tetra Pack	10%	2%	0%	0%	20%	60%	8%
PET	10%	2%	0%	0%	0%	85%	3%
Isopor	5%	2%	20%	0%	0%	0%	73%
Plástico Mole	5%	2%	15%	0%	0%	70%	8%
Plástico Duro	10%	2%	0%	0%	0%	85%	3%
Metais Ferrosos	10%	2%	0%	0%	15%	65%	8%
Vidro	20%	1%	0%	0%	0%	60%	19%
Inertes	70%	1%	0%	0%	0%	0%	29%
Madeira	50%	1%	20%	15%	0%	0%	14%
Trapos e panos	15%	1%	20%	5%	0%	0%	59%
Diversos	50%	1%	0%	30%	0%	0%	19%
Alumínio	10%	1%	0%	0%	0%	85%	4%
Borracha	10%	1%	15%	0%	0%	0%	74%
Espuma	10%	0%	15%	0%	0%	0%	75%
Fraldas	0%	0%	15%	0%	0%	0%	85%

Tabela 7. Quantidades diárias de materiais nos distintos fluxos da unidade (t/dia).

Material	Finos	Geração contaminantes	Recicláveis	CDR	Rejeito	
Orgânico	399,13	10,94	0,00	38,27	98,42	
Papel, Papelão e Jornal	17,72	2,36	64,97	23,63	9,45	
Tetra Pack	0,68	0,14	5,40	0,00	0,54	
PET	1,13	0,23	9,56	0,00	0,34	
Isopor	0,17	0,07	0,00	0,68	2,46	
Plástico Mole	5,51	2,21	77,18	16,54	8,82	
Plástico Duro	6,64	1,33	56,42	0,00	1,99	
Metais Ferrosos	1,35	0,27	10,80	0,00	1,08	
Vidro	6,30	0,32	18,90	0,00	5,99	
Inertes	2,36	0,03	0,00	0,00	0,98	
Madeira	10,13	0,20	0,00	4,05	2,84	
Trapos e panos	16,37	1,09	0,00	21,83	64,38	
Diversos	3,94	0,08	0,00	0,00	1,50	
Aluminio	0,45	0,05	3,83	0,00	0,18	
Borracha	0,23	0,02	0,00	0,34	1,67	
Espuma	0,34	0,00	0,00	0,51	2,53	
Fraldas	0,00	0,00	0,00	9,96	56,42	
					125	Rejeito disponibilidade
					84,3	Rejeito finos
					236,21	
					19,32	
					247,05	
					115,79	
					705,08	
					19%	
					2%	
					20%	
					9%	
					56%	

A demanda energética desses sistemas varia consideravelmente entre fornecedores e em função da complexidade e quantidade dos equipamentos e quantidade de linhas, sendo necessária uma potência instalada entre 1,2MW e 2,2MW. Como consumo energético, considera-se aproximadamente 65% dessa potência.

2.2. Sistema de Estabilização Biológica

O sistema de estabilização biológica pode ocorrer de duas formas:

- Sistema biológico aeróbico.
- Sistema biológico anaeróbico.

Para o Ecoparque de São Paulo recomenda-se o sistema anaeróbico para a etapa de estabilização biológica, devido principalmente aos seguintes fatores:

- Balanco energético positivo;
- Potencializa a redução das emissões de Gases de efeito estufa;
- Geração de energia elétrica e/ou biometano;
- Menor emissão de odores;
- O local pretendido é próximo à uma subestação elétrica.

Os sistemas anaeróbicos utilizam microrganismos que degradam a matéria orgânica, sendo o carbono transferido à fase gasosa na forma de metano e dióxido de carbono. O metano, principal constituinte do gás natural, pode ser utilizado como fonte de energia. Assim, além do composto gerado (denominado digestato e que ainda requer uma etapa final de maturação), há a geração de energia e redução mais acentuada de emissões de GEE. E por ser um sistema completamente hermético, a emissão de odores é bastante reduzida.

Quanto à etapa de metanização da matéria orgânica dos resíduos (MOR) recuperada nas plantas de pré-tratamento, existem basicamente três rotas tecnológicas:

- Sistema Úmido;
- Sistema Seco;
- Sistema Extra-Seco.

Tabela 8. Comparação dos processos biológicos de estabilização anaeróbica pelas vias úmida, seca e extra-seca, onde 0 representa menor desempenho e ++ o melhor desempenho nos critérios elencados.

Critério	Via úmida	Via seca	Via extra-seca
Complexidade dos equipamentos	--	0	+
• Pré-tratamento	-	0	++
• Desaguamento			
Instabilidade dos reatores	0	0	+
Disponibilidade da planta	0	0	+
Desgaste/ manutenção	0	0	+
Sedimentação / Acúmulo Impróprios	0	-	++
Demanda de área	0	+	-
Água excedente	-	0	++
Produtividade de metano	0	0	-
Facilidade de operação	-	0	+
Custos de Investimento	-	0	+
Custos de operação	-	0	+
*Depende das receitas de venda de energia	-	0	+

Fonte: Adaptado de Center for Research, Education and Demonstration on Waste Management (CREED) & Technische Universität Braunschweig.

Para o Ecoparque de São Paulo recomenda-se a tecnologia de metanização extra-seca para a estabilização da matéria orgânica.

Os sistemas extra-secos ou secos em descontínuo foram derivados da tecnologia de compostagem em túneis. Resumidamente, a tecnologia consiste em um sistema de batelada sequencial, onde a MOR resultante do sistema de pré-tratamento é coletada e introduzida por pás carregadeiras em câmaras denominadas garagens ou túneis. Há uma porta hermética em cada túnel onde o material depositado permanece por aproximadamente 30 dias. Com o auxílio de alguns subsistemas que serão descritos posteriormente, ocorre a estabilização parcial da matéria orgânica. Após esse período, a porta é aberta e o material removido por uma pá carregadeira é levado a um sistema de compostagem/biosecação.

Consideradas as limitações operacionais das tecnologias úmida e seca, a tecnologia extra-seca surgiu a partir da necessidade do tratamento de resíduos orgânicos cujo aspecto é intrinsecamente sólido (>20% ST), tal como a MOR, os resíduos alimentares, podas e resíduos da agropecuária.

O sistema de metanização tipo garagem se caracteriza por sua construção em forma de túneis, ou garagens, operando em bateladas sequenciais, ou seja, os túneis são sequencialmente abertos, esvaziados e alimentados com MOR. Os reatores são dispostos na horizontal, de formato retangular, construídos geralmente em concreto armado. O sistema de alimentação e extração é realizado por pá carregadeira, e o resíduo permanece no interior do reator pelo período total de metanização.

Como sistema auxiliar, realiza-se a recirculação do lixiviado, que é direcionado a um reator de líquido para posterior reintrodução no processo via aspersão no material em digestão. No interior dos túneis de metanização não existe sistema de agitação, sendo o processo otimizado com a recirculação do lixiviado.

Terminado o processo de metanização, ar ambiente é injetado no túnel reator de forma a eliminar o metano presente, minimizando riscos de explosão durante sua abertura para

retirada do material digerido, que então é encaminhado para compostagem para estabilização final.

A figura a seguir resume o sistema extra-seco, com destaque para os componentes: 1) porta hermética; 2) substrato (resíduo orgânico); 3) drenagem do líquido lixiviado; 4) sistema de recirculação de lixiviado/aspersão de inóculo; 5) reator anaeróbico de mistura completa para estabilização do lixiviado e produção de inóculo; 6) aproveitamento energético do biogás.

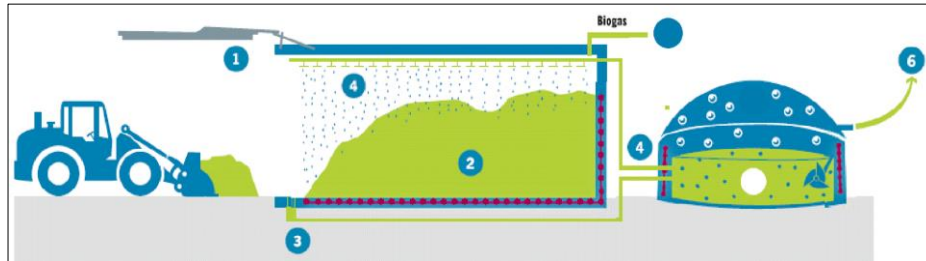


Figura 23. Configuração básica de um sistema de metanização extra-seco, em túneis.

As figuras a seguir exemplificam um fluxograma resumido de um sistema extra-seco e um layout geral do sistema.

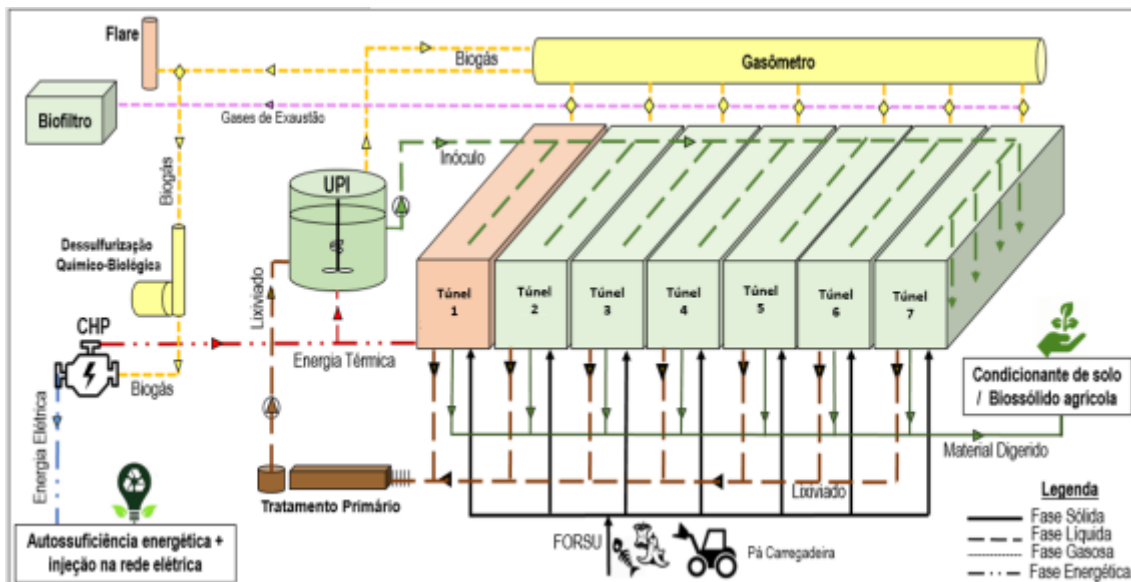


Figura 24. Fluxograma resumido de uma unidade de metanização extra-seca.

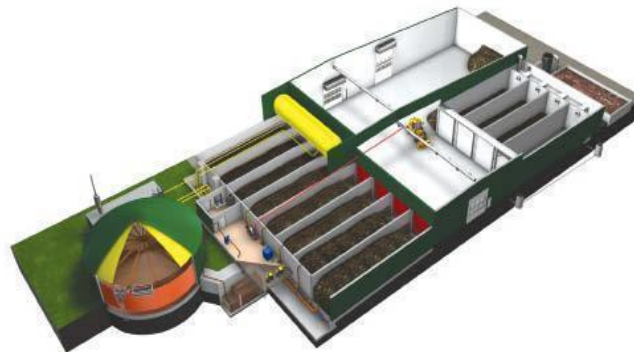


Figura 25. Visão geral da instalação.

Ao longo do processo de metanização ocorre a formação de biogás, cuja vazão e teor de metano variam ao longo do tempo de batelada. O processo que ocorre na planta de metanização é dividido em cinco etapas principais:

1. Introdução;
2. Aeração;
3. Metanização;
4. Encerramento do processo de geração de biogás e esvaziamento dos túneis;
5. Pós-tratamento do digestato.

As etapas do processo são apresentadas a seguir, juntamente com as respectivas matérias-primas e produtos gerados em cada fase.

2.2.1. Introdução

A MOR é direcionada a um pátio de recepção de matéria orgânica localizado na parte frontal dos túneis de metanização. Na etapa de introdução, a porta do túnel é aberta para que o ar atmosférico entre, enquanto o ar do interior do túnel é direcionado aos biofiltros por meio de sistema de exaustão; com isso, a renovação do ar é garantida. A MOR recebida é então inserida no túnel com o auxílio de pá carregadeira. A porta do túnel é fechada, encerrando a etapa. Cada batelada é realizada de maneira sequencial, sendo que o material permanece por um período de 30 dias ininterruptos dentro do túnel.

As portas dos túneis de metanização possuem sistema de vedação adequado que garante a estanqueidade do sistema, impedindo a entrada de ar atmosférico, vazamentos de biogás e líquido percolado do processo.

De uma maneira geral, a altura máxima da leira de MOR é de aproximadamente três metros.

2.2.2. Aeração

Inicia-se a injeção de ar atmosférico pela base do túnel para promover o incremento da temperatura do substrato para 55°C. A injeção de oxigênio resulta no auto-aquecimento da pilha de resíduos no interior dos túneis, promovido a partir das reações exotérmicas de microrganismos aeróbicos. Após atingir a temperatura desejada, a injeção de ar é interrompida e o excesso de ar é direcionado aos biofiltros pelo sistema de exaustão, encerrando a etapa.

2.2.3. Metanização

Inicia-se a aspersão de inoculo (solução oriunda da unidade produtora de inoculo (UPI)) composta por microrganismos) pela parte superior de cada túnel, com objetivo de otimizar a degradação da matéria orgânica contida nos túneis e, conseqüentemente, aumentar a taxa de geração de biogás. Paralelamente, inicia-se a coleta do excesso de lixiviado (parte líquida do substrato composta por água, matéria-orgânica e microrganismos), por meio do sistema de drenagem do piso dos túneis. Todo lixiviado coletado passa por um sistema de tratamento preliminar (para remoção de sólidos grosseiros e areia) e então é bombeado para a UPI. Dessa forma, estabelece-se um ciclo de recirculação de líquido entre os túneis e a UPI.

A UPI também é um processo de anaeróbico de tratamento e, conseqüentemente, gera biogás, que é temporariamente acumulado em um gasômetro na parte superior do túnel (o mesmo utilizado para o armazenamento do biogás gerado pelos túneis).

Todo biogás gerado, rico em metano, é direcionado para o sistema de tratamento de biogás e CHP (*Combined Heat and Power*), onde ocorre a remoção de componentes impróprios e posterior geração de energia térmica e elétrica.

A etapa de fermentação dura cerca de quatro semanas e é encerrada ao detectar-se queda na eficiência de produção de metano. Essa fase é totalmente automatizada, sendo as vazões de biogás aferidas por um medidor automático de vazão e as concentrações de metano, dióxido de carbono, sulfeto de hidrogênio e oxigênio aferidas por meio de um multi-analisador de biogás, conectados ao sistema de controle e automação da planta.

A produtividade de biogás nessa etapa varia entre 90 e 100 Nm³ por tonelada de resíduo tratado, com uma concentração média de 55% de metano.

2.2.4. Encerramento do Processo de Geração de Biogás e esvaziamento dos túneis

Encerrada a etapa anterior, é injetado ar ambiente no túnel para encerramento do processo de produção de biogás, de modo a possibilitar a abertura segura do túnel para a retirada do material digerido. A remoção do material digerido é realizada com o auxílio da mesma pá carregadeira utilizada na introdução da MOR. Direciona-se o ar ambiente do túnel ao biofiltro a fim de remover o odor antes do lançamento na atmosfera. Essa etapa é encerrada quando todo o material é removido do interior do túnel.

O biossólido retirado do túnel de metanização, também denominado digestato, requer um pós-tratamento anaeróbico para sua estabilização e deve ser enviado a um sistema de compostagem/biosecação, descrito posteriormente.

O consumo energético dessas instalações é de aproximadamente 10 a 20% da energia gerada, dependendo da escala.

A conversão de energia é em função da quantidade de metano produzida. Dessa forma, tendo em conta que cada tonelada de MOR produza 100 Nm³ de biogás com 55% de metano e que o PCI do metano é aproximadamente 10 kWh/Nm³, cada tonelada de resíduo gera 550 kWh. Considerando a eficiência elétrica de um CHP de 40% e a eficiência térmica de 40%, cada tonelada de resíduo tem o potencial de geração de 220 kWh_{el} e 220 kWh_{th}.

Por outro lado, uma vez que a Resolução Normativa n° 8 de 2015 da ANP estabelece que a concentração de metano no biometano no Brasil seja de 96,5%, cada tonelada de MOR tem o potencial de gerar 57 Nm³ de biometano. E, tendo o biometano um PCI de aproximadamente 90% do diesel, cada tonelada de MOR tem o potencial de geração de 50 litros de diesel equivalente.

Portanto, o design proposto poderá alcançar o tratamento de cerca de 74.000 t/ano de fração orgânica e, para esta quantidade, o potencial de geração de metano será de 2.960.000 Nm³/ano.

As figuras a seguir ilustram sistemas de tratamento anaeróbico utilizando tecnologia de metanização extra-seca.



Figura 26. Portas dos túneis de metanização (à esquerda) e interior do túnel (à direita).



Figura 27. Detalhes tubulações de biogás e exaustão.

2.2.5. Pós-tratamento do digestato

A tecnologia de pós-tratamento (maturação/secagem) do digestato proposta é o sistema de leiras cobertas com membranas semi-permeáveis. Essa tecnologia foi proposta para o Ecoparque de São Paulo devido, principalmente, à preocupação com odores (requerimento de se realizar um sistema fechado), o espaço limitado (necessário otimizar o tempo de detenção), a simplicidade operacional (redução de custos de operação sem prejudicar o fator de capacidade da instalação) e, sobretudo, as vantagens do sistema, que vem se popularizando em diversos países do mundo devido, principalmente a:

- Sistema "in-vessel" (sistema fechado/encapsulado) – de uma maneira geral os sistemas são denominados Pilha Estática aerada com cobertura (do inglês, *Covered Aerated Static Piles- CASP*) ou CACS (*Covered Aerated Channels Systems*);
- Contenção de odores pelas membranas (aproximadamente 95% do odor é retido nas membranas);
- Propicia uma atmosfera salubre aos operários (poros da membrana são menores que o diâmetro de germes) – contenção de bioaerossóis;
- Baixa produção de lixiviados devido ao rápido incremento da temperatura;
- Sistema de coleta do lixiviado;
- Baixo consumo energético;
- Baixa geração de ruídos;
- Baixo tempo de detenção;
- Baixa demanda de ar (a membrana cria uma bolsa de ar e retém o mesmo);
- Sistema totalmente automatizado;

- Baixo custo operacional;
- Simplicidade operacional.
- Possibilidade de modificar o sistema para realização de compostagem ou biosecagem do material.

O sistema constitui-se pela formação de uma leira em trincheiras de até 10 metros de largura, 2,5 metros de altura e até 50 metros de comprimento. Há um caimento e drenos no piso de forma a propiciar o escoamento do lixiviado. Sob o piso ou em uma tubulação inserida no piso, há injeção de ar na parte inferior de forma a permitir a aeração da leira. Uma tecnologia utiliza um revolvedor de leiras para auxiliar na aeração da massa de resíduos.

Cada leira deve ter uma parede de concreto nas laterais e ao fundo, de forma a permitir a instalação da membrana. As leiras possuem um espaçamento entre elas para permitir que o equipamento de enrolar/desenrolar as membranas seja operado. As paredes também possuem a função de propiciar uma economia de espaço, uma vez que a leira forma uma superfície retangular e não piramidal. Tubos de aeração estão sob cada leira, que servem como dutos para fornecer ar e para coletar líquidos percolados.

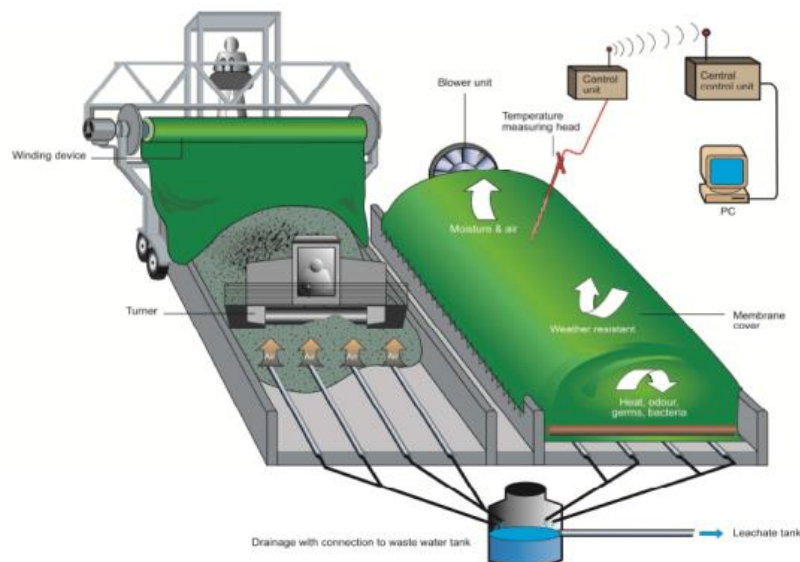


Figura 28. Sistema com membranas. Utilização de revolvedor de leiras (esquerda) e aeração com blower (direita).



Figura 29. Esquema geral de um sistema de membranas.



Figura 30. Propaganda de uma empresa que utiliza o sistema de membranas demonstrando o potencial de transformação de matéria orgânica em CDR.

A membrana controla a permeabilidade do ar e a extração de umidade durante a compostagem/biosecação. A membrana permite uma distribuição uniforme de ar através de todo o volume de material, garantindo assim que as temperaturas sejam atingidas homogeneamente em toda a leira.

Quanto à contenção de odores, a maior parte desses gases é solúvel em água. O laminado trabalha contra substâncias gasosas que escapam do material em compostagem/biosecação como uma barreira de difusão. Um fino filme de água condensada se desenvolve na parte interna da membrana durante o processo e retém odores e outras substâncias gasosas. Isso resulta na redução considerável no fluxo total de emissões, inclusive de dióxido de carbono, reduzindo as emissões de GEE.

O percolado é coletado embaixo das leiras pelo sistema de tubulação concretado, sendo que o mesmo sistema de coleta de percolado é usado para a aeração do processo de compostagem/biosecação por meio de um sistema de sifão. O percolado é direcionado por tubulação para uma caixa de armazenagem para reuso, tratamento ou descarte.

A demanda de energia do sistema é de aproximadamente 2 kW por tonelada tratada.



Figura 31. Vistas do sistema de membranas. Corredor entre trincheiras (esquerda), encapsulamento da leira (meio), controle online (direita).

2.2.6. Descrição operacional do processo de compostagem

O processo de compostagem/biosecação pode durar entre duas a oito semanas, dependendo da especificação do produto final e qualidade do substrato. A seguir será descrito um processo padrão de três fases:

Fase 1: Alta atividade de compostagem

O processo inicia com uma carregadeira movendo o material da área de mistura para uma leira, de forma a iniciar o período de compostagem. Uma vez construída, a leira é coberta, as sondas de temperatura e de oxigênio são instaladas e o software é ligado, controlando assim a taxa de aeração de acordo com a temperatura que se deseja obter em cada fase. Aliando o efeito de retenção do oxigênio promovido pela membrana e a otimização da injeção do oxigênio, necessita-se menos ar para a estabilização da matéria orgânica e/ou secagem e, conseqüentemente, menor a demanda energética.

Fase 2: Maturação e cura do composto

Após determinado período na fase 1, a cobertura é removida da leira e o composto movido pela carregadeira para uma leira na área da fase 2. Algumas tecnologias possuem uma revolvedora de leiras e, com isso, não há remoção pela pá e sim revolvimentos periódicos que permitem sua aeração. Quando há transposição de local, a própria pá carregadeira faz o papel da revolvedora, uma vez que a leira é transferida em sequências a uma nova, colocando novamente a cobertura e as sondas de temperatura e oxigênio, e o software é então configurado para a fase 2.

Fase 3: Acabamento/humificação

Após a fase 2, a cobertura é removida da leira e o composto é movido pela carregadeira. Nesse momento, o composto é suficientemente estável de tal modo que a cobertura não é necessária. O material é então peneirado para remoção de impurezas, podendo ser comercializado.

Geralmente essas tecnologias fornecem todo o pacote de suprimentos (excluindo a obra civil para otimizar custos), cabendo destacar:

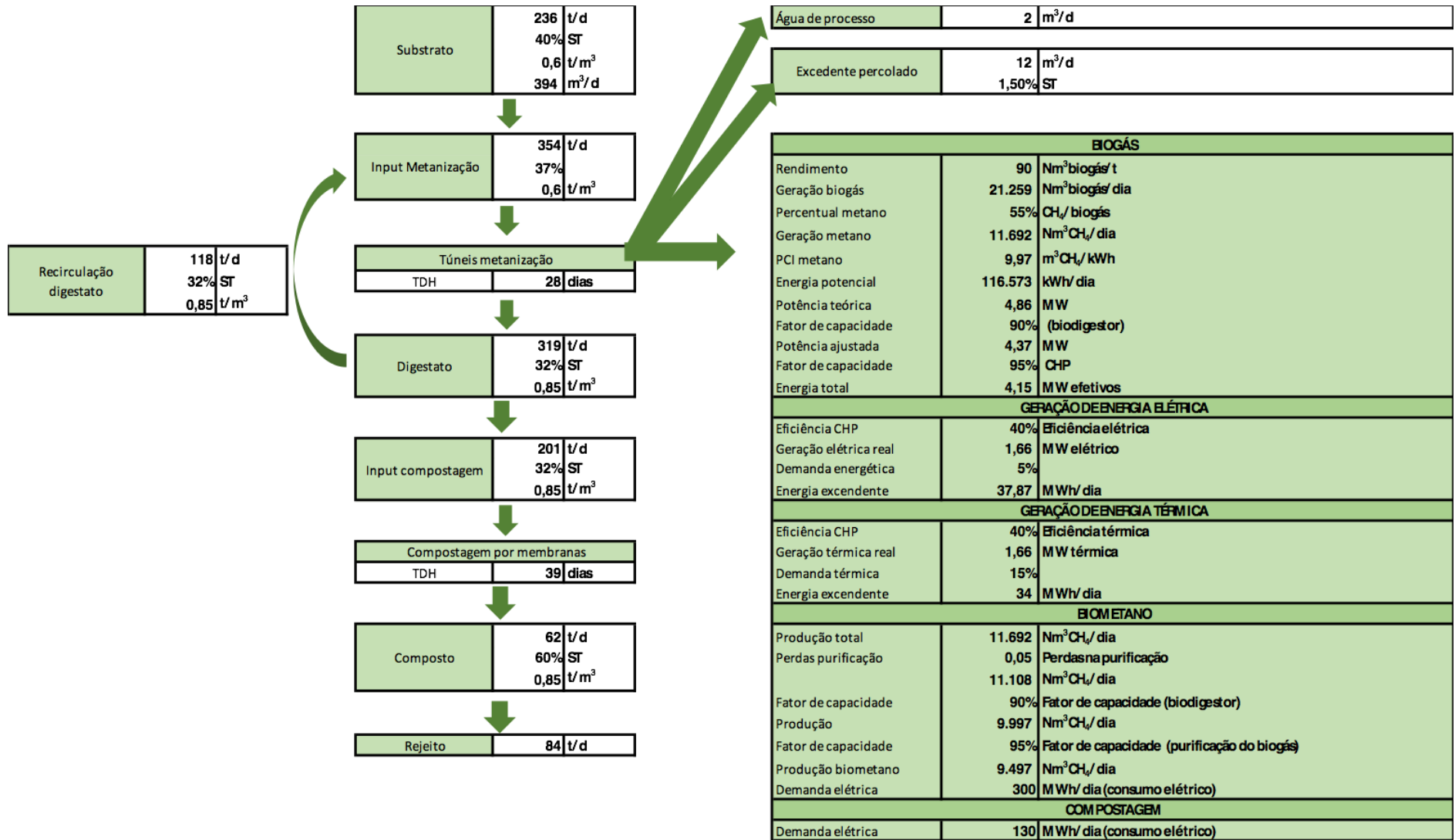
- Membranas de cobertura;
- Máquina de enrolar membrana móvel;
- Sistema de aeração no piso (recomenda-se a instalação de sistema de spigots enterrados);
- Sensores de oxigênio e temperatura;
- Sistema de aeração (blower e sistema de distribuição);
- Controladores/software de monitoramento;
- Manual de operação e manutenção;
- Controle remoto;
- Suporte técnico no comissionamento e start-up;
- Treinamento dos operadores;
- Consultoria em engenharia e design de sistema.

Fluxograma Base da Etapa de Metanização

A etapa de metanização pode gerar energia elétrica e térmica ou biometano. Pode-se também fazer um mix, de forma a gerar parte em energia elétrica e térmica em sistemas de CHP e biometano.

Em um sistema modular, que contemplará diferentes fases de implementação, foi considerada uma umidade de 60% e densidade de 0,6 toneladas por m³ dos finos gerados no pré-tratamento. Considerando um tempo de detenção de 28 dias nos túneis de metanização, foram considerados 12 túneis. A dimensão de cada túnel será de 6,4 metros de largura, 27,5 metros de comprimento e altura útil de 2,5 metros, resultando em um volume útil unitário de 440 m³. A capacidade desta fase, considerando os 12 túneis, será de 5.280 m³.

O fluxograma a seguir resume as informações da etapa de metanização.



Para a geração de biogás, considerou-se um rendimento de 90 Nm³/t de resíduo com um percentual de metano de 55% e um fator de capacidade de 90% do sistema de metanização. Já quanto à geração de energia elétrica e térmica, foi considerado um fator de capacidade da instalação da ordem de 95%, eficiência elétrica e térmica de 40% e uma demanda elétrica e térmica de 5% e 15%, respectivamente, na unidade de metanização e uma demanda elétrica de 130 MWh/dia para a unidade de maturação (compostagem). Já quanto ao biometano, foi considerada uma perda de metano na etapa de purificação de 5%, e um fator de capacidade de 95%.

Pós-tratamento do digestato

A quantidade de digestato considerada foi de 99.528 t/ano com umidade de 68% e uma densidade de 0,85 t/m³, o que resulta em um volume aproximado de 117.000 m³/ano ou 375 m³/dia. Considerando um tempo de pós-tratamento de 45 dias e tratamento de todo o digestato da fração orgânica (o volume poderá ser menor, já que o processo é modular e ampliado conforme viabilidade) são necessários 16.875 m³ para realizar o pós-tratamento do digestato. Para a primeira fase de implementação, serão necessárias 11 trincheiras de 27,5 metros de comprimento por 6,4 metros de largura e uma altura de pilha de 2,5 m. No processo há uma redução de peso, o que, em completa implementação, resulta em uma geração de composto da cerca de 19.000 t/ano.

Considerando uma demanda energética de 2 kWh/t, o consumo da instalação é da ordem de 300 MWh/ano.

2.3. Layout da Instalação

Foi realizado um estudo de projeto conceitual para a incorporação da unidade no terreno proposto que contempla o TMB dos resíduos da coleta indiferenciada. Recomenda-se uma área adicional para etapas de afino e estocagem.

As salas de controle, biofiltros de desodorização e limpeza e aproveitamento do biogás foram projetadas em cima dos túneis, de forma a otimizar a área. Sugere-se que, caso seja decidido pela geração de biometano, a central de abastecimento deverá ter uma entrada própria. Recomenda-se, ainda, que os dois galpões sejam interligados para que a esteira dos finos seja inteiramente interna.

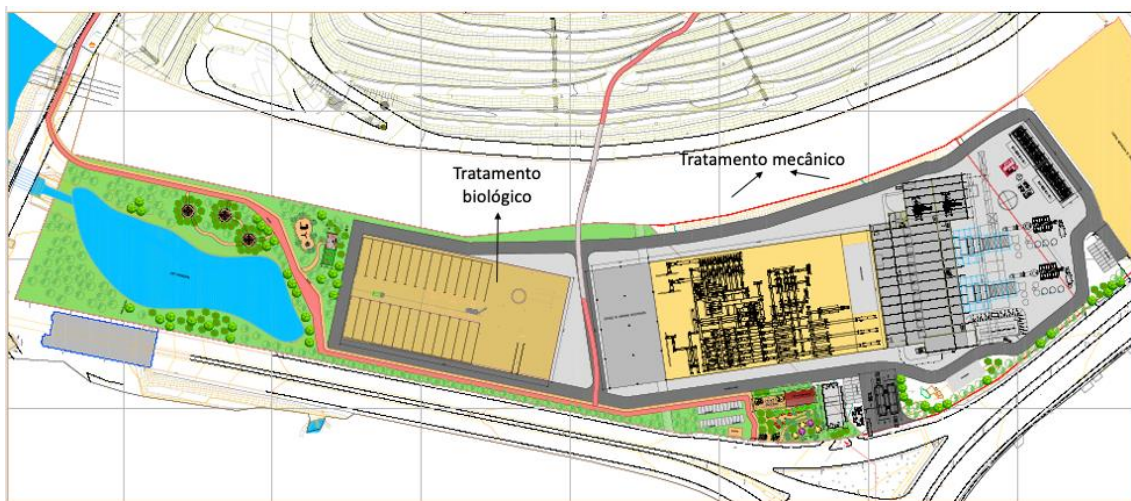


Figura 33. Layout de Implantação.

Sistema de tratamento integrado

Considerando a quantidade de resíduos coletados no município de São Paulo, em particular no agrupamento Sudeste (cerca de 6.000 t/dia), a vocação da área pela proximidade de fatores como água (Rio Jurubatuba), subestação elétrica, centro de concentração de massa de resíduos pela logística de coleta existente (estação de transbordo Santo Amaro) e os futuros rejeitos gerados pelo Ecoparque objeto do presente estudo, recomenda-se que o município considere a implantação adicional de sistema de tratamento térmico com unidade de recuperação energética (URE) em complementação aos demais componentes já citados no presente estudo.

Estudos disponíveis na União Europeia e na Ásia apontam que o crescimento dos índices de reciclagem é diretamente proporcional ao potencial dos sistemas de tratamento térmico existentes. Isso porque esses sistemas são inseridos em um Plano de Gestão Integrada de Resíduos, em que são priorizadas etapas de redução, reciclagem e tratamento, e não apenas considerados como a única opção tecnológica. O gráfico a seguir resume como tem sido realizada a destinação de resíduos em 28 países do continente europeu.

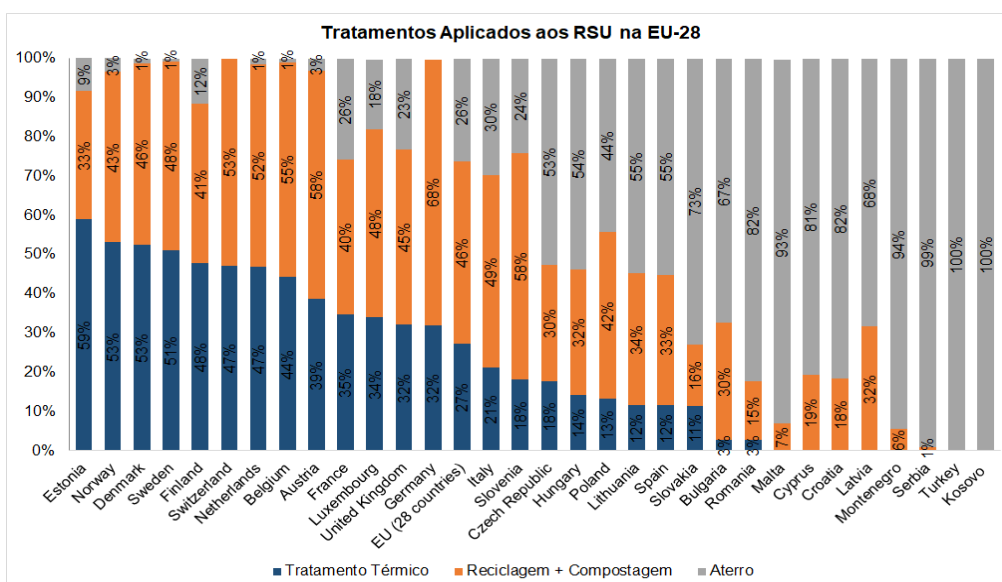


Figura 42. Resumo do tratamento/disposição de resíduos em 28 países do continente europeu.

Como pode ser observado, de uma maneira geral, a diminuição da disposição final em aterros sanitários (cinza) abre maiores possibilidades de destinação para etapas de reciclagem e compostagem (laranja). Como resumo, nesses países, 49% dos resíduos são reciclados, 27% são submetidos a processos térmicos e 26% são destinados a aterros sanitários.

Cabe salientar que é comum na Europa a metanização ser designada como compostagem anaeróbica, sendo que, desta forma, a metanização está compreendida neste percentual. Também é importante destacar que tratamentos biológicos da fração orgânica são considerados sistemas de reciclagem, uma vez há uma ciclagem de carbono e nutrientes. A pirâmide a seguir resume a hierarquia em que as ações/tecnologias devem ser priorizadas, sendo basicamente a mesma ordem de prioridade constante da Lei Federal n. 12.305/2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos no Brasil.

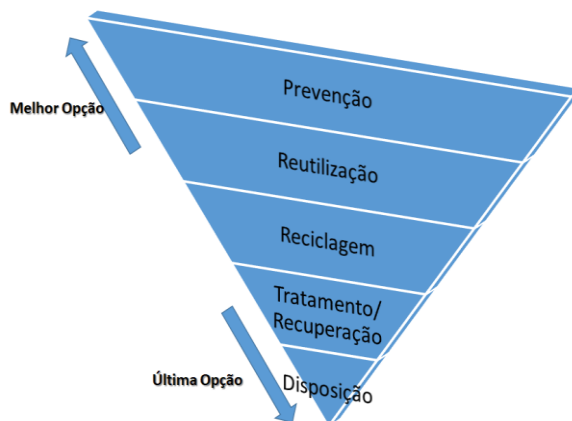


Figura 43. Hierarquia prevista pela ONU para a gestão de RSU.

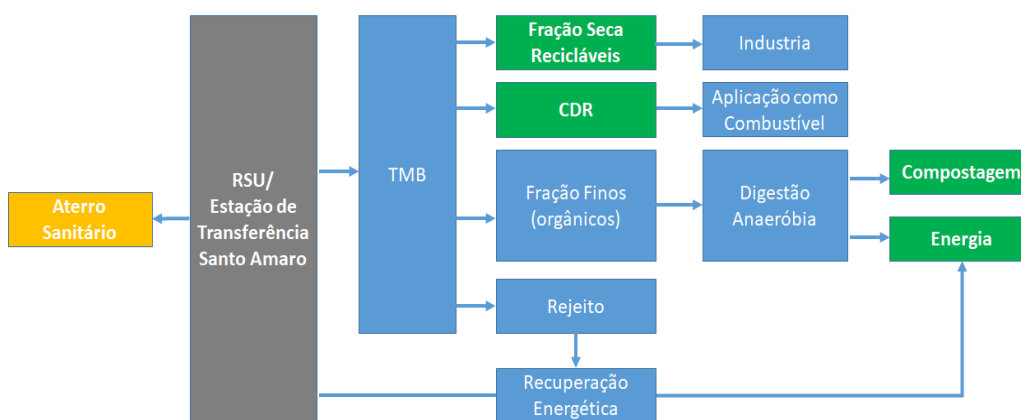


Figura 44. Fluxo dos resíduos sugerido para o Agrupamento Sudeste da cidade de São Paulo.

Este estudo prevê a utilização de tecnologias de primeira linha para a recuperação dos materiais, ou seja, tem como meta maximizar o potencial de recuperação e reciclagem. As alternativas são complementares e não competem entre si.

De acordo com o estado da arte das tecnologias TMB, são gerados de 30% a 55% de rejeito de planta, e URE são uma alternativa à destinação em aterros sanitários que, no caso do presente estudo, localiza-se a cerca de 50 km de distância da área definida para o Ecoparque.

Para trazer um protagonismo para a cidade de São Paulo pela busca das melhores alternativas em gestão de resíduos, sugere-se que o local onde o Ecoparque em estudo será implantado incorpore tecnologias de recuperação de materiais e uma URE. **A proposta é que São Paulo adote um sistema moderno e inteligente de gestão, de forma que, através de um conjunto de tecnologias, se torne a primeira cidade da América Latina na constituição de um sistema eficaz, garantindo ciclagem de materiais, nutrientes, energia, emprego e renda.**

Para ilustrar o potencial de uma instalação desta natureza, o presente estudo considerou uma URE com capacidade de processamento de 1.800 t/dia, incluindo rejeitos do Ecoparque, da CMT Carolina Maria de Jesus e da Estação de Transbordo Santo Amaro. Cabe destacar que, conforme descrito anteriormente, os rejeitos atualmente coletados no agrupamento Sudeste são enviados para o aterro municipal CTL, cuja vida útil remanescente é de seis anos. Na ausência dessa unidade, seria demandada a disponibilidade de novas áreas para disposição desses materiais após o encerramento do aterro sanitário. Dessa forma, o aproveitamento

energético, além de evitar o transporte e os reflexos das emissões de carbono, permitirá a maximização da vida útil desse equipamento público.

É importante salientar que, frente ao material de entrada, estas instalações geram aproximadamente 15% de cinzas de fundo (*bottom ash*) e 5% de cinzas volantes (*flyash*). As cinzas de fundo podem ser utilizadas na construção civil. Mas, para isto, sua utilização deve ser regulamentada e contratos devem ser estabelecidos, caso contrário, devem ser enviadas a aterros sanitários. As cinzas volantes são resíduos Classe I e devem ser encaminhados a aterros para resíduos perigosos.

Em termos de potência instalada, o que determina esse parâmetro é o PCI do resíduo e a eficiência geral da instalação.

De forma conservadora, adotar-se-á um PCI de 1.800kcal/kg e uma eficiência de 27,5% de uma instalação com Ciclo Rankine com uso de turbina a vapor.

Com isso, considerando um fator de capacidade médio de cerca de 93% para uma instalação deste tipo:

$$43\text{MW} \times 93\% = 39,99 \text{ MW.}$$

Com o consumo interno de aproximadamente 13%, tem-se:

$$39,99 \text{ MW} \times (100\% - 13\%) = 34,79 \text{ MW}$$

Considerando que a planta opera 8.280 horas ao ano (com 20 dias para manutenção), a geração de energia elétrica para comercialização é de aproximadamente 288.000 MWh/ano, o que seria suficiente para abastecer 152 residências, considerando um consumo residencial médio de 1.896 MW. Além disso, 60% da energia gerada poderia abastecer a iluminação pública da cidade de São Paulo.

2.4. Considerações finais sobre o conceito tecnológico

As principais recomendações em relação ao arranjo tecnológico para o Ecoparque de São Paulo são:

- Deve-se considerar uma disponibilidade da planta da ordem de 90% e pelo menos três horas para limpeza (uma hora entre turnos e duas horas no final do dia) da planta (trommel, balísticos, ópticos, peneira de discos etc.);
- É recomendável que a instalação tenha pelo menos duas linhas paralelas com uma capacidade pelo menos 5% superior à projetada;
- A caracterização do resíduo deve ser de responsabilidade da contratada;
- É recomendável que haja contratação de uma empresa que construa na modalidade Engineering, Procurement, Construction (EPC)³ ou Build, Operate, Transfer (BOT)⁴ para reduzir riscos na integração das unidades;
- A geração de biometano tende a otimizar a redução das emissões de GEE e integra o projeto ao Renovabio⁵;

³ Instrumento contratual em que a empresa contratada realiza o projeto, a construção, a montagem e a compra de equipamentos e entrega a instalação comissionada, ou seja, operando com os rendimentos estipulados em contrato.

⁴ Instrumento contratual em que a empresa contratada realiza o projeto, a construção, a montagem e a compra de equipamentos e opera a instalação por tempo determinado com os rendimentos estipulados em contrato.

- Devem ser realizadas visitas técnicas às instalações em funcionamento e escala comercial de todos os potenciais fornecedores tecnológicos;
- É recomendável que a tecnologia de metanização forneça o sistema de aproveitamento energético do biogás – seja CHP ou biometano. Para o biometano, recomenda-se sistema de peneira molecular por ser uma tecnologia robusta, confiável e de baixo custo operacional.
- É recomendável que em fase de discussão do projeto final sejam avaliados sistemas de secagem do CDR e/ou do composto orgânico através do calor proveniente do CHP, por exemplo.
- Ressalta-se a previsão de um sistema modular de tratamento da fração orgânica, já que esse permite que o processo seja iniciado com um volume menor que o total segregado inicialmente pela unidade e aumente com tempo, o que é recomendável visto experiências anteriores de produção de composto em grandes volumes. É recomendável que a etapa estabilização biológica inicie com um volume menor, para que haja um ganho de conhecimento local e o sistema possa ser posteriormente ampliado.

A combinação de processos mecânicos, biológicos e térmicos é uma solução que deve ser considerada para a gestão de resíduos na cidade de São Paulo.

⁵ O RenovaBio é uma política de Estado que tem como objetivo traçar uma estratégia conjunta para reconhecer o papel estratégico de todos os tipos de biocombustíveis na matriz energética brasileira, tanto para a segurança energética quanto para mitigação de emissões de gases de efeito estufa (Brasil, Ministério de Minas e Energia).



PARTE 2- ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA

1. Contextualização

Para a elaboração desta análise econômico-financeira foi utilizado como referência o estudo de viabilidade técnica para a construção de um Ecoparque descrito no bloco anterior, que contempla a análise de diferentes arranjos tecnológicos e premissas para a construção e implementação de um Ecoparque na cidade de São Paulo, bem como detalhamento do cenário com maior viabilidade técnica.

Também foi utilizado o estudo de ambiente regulatório para a construção de um Ecoparque, que apresentou as possíveis alternativas de formato contratual para viabilizar o Ecoparque e que será apresentado na parte 3 deste documento. Um dos modelos sugeridos, com base na atual conjuntura de prestação dos serviços na cidade de São Paulo, foi o regime de contratação na modalidade concessão, o qual norteou a elaboração do presente estudo. Desta forma, como premissa do modelo de concessão, as responsabilidades de financiar, projetar, construir e operar o Ecoparque por um período e preço determinados passam a ser totalmente da empresa privada e, após esse prazo, o controle revertido para a administração pública, através da transferência do ativo para a autoridade concedente.

O presente documento contempla a análise de viabilidade econômico-financeira do cenário que considera o maior desvio de resíduos do aterro. A análise tem como referência inicial os Fluxos de Caixa Reais, ou seja, sem considerar o impacto da inflação futura e sem financiamento para a viabilização do investimento. Logo, a totalidade dos investimentos é remunerada pelo caixa gerado pelos recebíveis do projeto, sendo essa a forma de análise mais conservadora a ser feita. Em seguida, foi incluída a inflação (Fluxo de Caixa Nominal) e o financiamento dos investimentos, que geraram um impacto positivo substancial à Taxa Interna de Retorno (TIR), Valor Presente Líquido (VPL) e Período de Retorno dos Investimentos.

Utilizando-se das premissas que serão detalhadas a seguir, determinou-se o valor da taxa para recepção de resíduos (*gate fee*, em inglês) necessária para obtenção de uma TIR real mínima de 11,55% a.a., valor aceito pelo mercado financeiro para um empreendimento desta natureza.

2. Cenários Propostos para o Ecoparque de São Paulo

Para realizar a análise econômico-financeira do Ecoparque de São Paulo, foram realizadas análises de quatro cenários distintos, a saber:

- 1) Cenário 1: TMB (incluindo linha de pré-tratamento (LPT)) com produção de CDR + Energia Elétrica (digestato enviado a aterro sanitário sem comercialização de energia térmica).
- 2) Cenário 2: TMB (incluindo LPT) com produção de CDR + Biometano (digestato enviado a aterro sanitário com comercialização do biometano).
- 3) Cenário 3: TMB (incluindo LPT) com produção de CDR + Maturação + Biometano.
- 4) Cenário 4: TMB (incluindo LPT) com produção de CDR + Maturação + Biometano + URE 1.800 t/dia (rejeito da planta de TMB, da estação de transbordo e CMT).

As tabelas a seguir resumem os principais indicadores dos cenários propostos.

Tabela 13. Resumo Cenário 1.

CENÁRIO 1		
CAPEX	R\$ 223.950.000,00	
OPEX	R\$ 28.612.191,63	R\$/ano
Recicláveis	77.080	t/ano
Energia	11.817	MWh/ano
CDR	36.125	t/ano
Rejeito	267.382	t/ano

Tabela 14. Resumo Cenário 2.

CENÁRIO 2		
CAPEX	R\$ 218.950.000,00	
OPEX	R\$ 29.566.743,41	R\$/ano
Recicláveis	77.080	t/ano
Biometano	2.963.118	Nm ³ /ano
CDR	36.125	t/ano
Rejeito	267.382	t/ano

Tabela 15. Resumo Cenário 3.

CENÁRIO 3		
CAPEX	R\$ 248.450.000,00	
OPEX	R\$ 29.566.743,41	R\$/ano
Recicláveis	77.080	t/ano
CDR	36.125	t/ano
Composto	19.383	t/ano
Biometano	2.963.118	Nm ³ /ano
Rejeitos	219.984	t/ano

Tabela 16. Resumo Cenário 4⁶.

CENÁRIO 4		
CAPEX	R\$ 961.650.000	
OPEX	R\$ 78.526.743,41	R\$/ano
Entrada	1.002.000,00	ton/ano
	161,86	ton/h
Recicláveis	77.080	t/ano
CDR	36.125	t/ano
Composto	19.383	t/ano
Biometano	2.963.118	Nm ³ /ano
Potencia Liquida	35,70	MWh
Energia	285.600,00	MWh/ano
Rejeitos Classe 2	311.783,60	t/ano
Rejeitos Classe 1	12.240,00	t/ano

3. Cenário para o Ecoparque de São Paulo

A partir da análise realizada pela equipe do projeto, definiu-se o cenário que contempla TMB com produção de CDR + Maturação + Biometano. + URE como mais indicado para o Ecoparque de São Paulo, considerando o aterramento dos rejeitos no CTL, cuja vida útil remanescente é de seis anos. Os demais cenários, sem incorporação de uma URE, demandariam a disponibilidade de novas áreas para disposição de rejeitos após o encerramento do CTL, o que restringe o balanço econômico-financeiro do Ecoparque.

⁶ Para o cenário 4, o valor do rejeito da TMB deve ser igual ao gate fee da URE. Além disso, o valor de CAPEX considera o custo de estruturas auxiliares e paisagismo conforme descrito na tabela 17 da página 65.

Tabela 17. Resumo da análise econômica para o cenário definido.

Projeto 2020 - 2044		Cenário com disposição final do rejeito no CTL
		TMB + URE
Toneladas Processadas	t/dia	3.050
Recebimento de Resíduos (Gate Fee)	R\$/ton	118,10
Recicláveis (Valor médio)	R\$/ton	440,54
CDR (Combustível Derivado de Resíduos)	R\$/ton	80,00
Energia Elétrica	R\$/MWh	570,00
Composto	R\$/ton	-
Biometano purificado e engarrafado	R\$/m ³	1,80
Receita Bruta Total (média anual)	milhões R\$	288,85
Receita Total Líquida (média anual)	milhões R\$	266,87
Opex (média anual)	milhões R\$	100,62
Destinação Fração TB (média anual)	milhões R\$	
EBITDA	milhões R\$	166,24
EBITDA (média anual)		62,29%
LL sem financiamento (média anual)	milhões R\$	80,08
Margem em %		27,72%
CAPEX		
LPT ⁽¹⁾	milhões R\$	157,95
Metanização ⁽¹⁾	milhões R\$	30,50
Maturação ⁽¹⁾	milhões R\$	29,50
Biometano (Purificação/Compressão/Armazenamento)	milhões R\$	12,00
Licenças, Projetos e Estudos	milhões R\$	6,50
Tratamento de Odores	milhões R\$	12,00
URE	milhões R\$	705,20
Estruturas Auxiliares/ Paisagismo	milhões R\$	8,00
Total CAPEX	milhões R\$	961,65
TIR		11,55%
Pay back		11
VPL sem financiamento (milhões R\$) -----Taxa	10%	100,02
Resíduos evitados nas concessões	t/ano	1.002.000
Custo Unitário de Tratamento Concessões (Transp/ Disposição)	R\$/t	94,61
Redução de Valor Concessões por ano	milhões R\$	94,80

O CAPEX total para a planta é de aproximadamente R\$ 961 milhões. A TIR foi pré-estipulada em 11,55% a.a., o que resulta em um *payback* de 11 anos. O *gate fee* necessário foi de R\$ 118,10/t. Isso resulta em uma redução de R\$ 94,8 milhões por ano do valor das concessões referente à disposição final (1.002.000 t/ano).

Conclui-se, assim, de acordo com o presente estudo, que o Ecoparque de São Paulo é um projeto tecnicamente e economicamente viável para a cidade de São Paulo. Os valores são adequados à realidade de uma megalópole, apresentando *gate fee* similar ao praticado atualmente para disposição em aterros privados, o que proporcionará uma economia aos cofres públicos ao final do período de operação contratual do empreendimento.



PARTE 3- ESTUDO DE VIABILIDADE REGULATÓRIA

1. Contextualização

O estudo de ambiente regulatório tem por objetivo analisar o quadro jurídico para a implementação do Ecoparque no município de São Paulo. Conforme mencionado anteriormente, atualmente a Ecurbis realiza com exclusividade a coleta, transporte e destinação final dos resíduos sólidos na região que se pretende implementar o empreendimento, conforme o Contrato de Concessão vigente até outubro de 2024. A AMLURB é responsável pelo acompanhamento e pela fiscalização do contrato de concessão, bem como por regulamentar permanentemente a execução das atividades executadas pela Ecurbis.

A presente análise divide-se em quatro pontos fundamentais:

- Modelagem contratual compreendendo sugestão de modalidade de contratação da operadora do projeto pelo município.
- Questões regulatórias aplicáveis à área do projeto, com o objetivo de avaliar eventuais restrições ao uso da área indicada para sua implantação.
- Licenciamento ambiental sobre a área em estudo, compreendendo descrição das licenças ambientais necessárias à implantação do projeto e passo a passo para sua obtenção.
- Viabilidade da comercialização dos produtos gerados, considerando eventuais interfaces com concessionárias, autorizadas ou delegatárias de serviços públicos.

Para tanto, foram analisadas a seguinte documentação:

- Contrato de Concessão dos serviços de limpeza urbana, firmado entre a Prefeitura de São Paulo – por intermédio da AMLURB e a Ecurbis.
- Levantamento topográfico da área-alvo para implementação do Projeto.

2. Modelagem contratual compreendendo sugestão de modalidade de contratação da operadora do projeto pelo município

Verificam-se duas formas de contratação mais indicadas para o projeto. A primeira alternativa é a prestação dos serviços pela Ecurbis, mantendo o contrato atual. A segunda forma seria a realização de uma nova contratação pela prefeitura. A seguir as duas modalidades serão detalhadas e discutidas.

2.1 Alternativa 1 - Prestação dos serviços pela Ecurbis

Para esta alternativa, uma vez que o prazo do atual contrato de concessão da Ecurbis findar-se-á em 2024 e, frente aos investimentos e prazos requeridos para a construção e operação do empreendimento, esta modalidade só é factível se ocorrer um ajuste no objeto do contrato de concessão executado pela Ecurbis, por meio de aditamento contratual.

Considerando que o objeto contratual atual já prevê a prestação do serviço de destinação final de resíduos sólidos (cl. 3.1), o aditamento contratual deve prever a atualização dos investimentos e serviços de obrigação da Ecurbis, tendo em vista as novas tecnologias desenvolvidas ao longo da execução contratual e que serão aplicadas no projeto. Com essa

alternativa, os investimentos para o Ecoparque seriam realizados no âmbito do contrato de concessão, exclusiva ou parcialmente pela Ecourbis, a depender da relação entre os valores correspondentes às atuais obrigações de investimentos pela concessionária e os custos previstos para implementação do projeto. Referida alteração nas condições de prestação dos serviços poderá ocorrer por determinação da AMLURB ou mediante sua prévia e expressa aprovação (cl. 11.6).

Uma vez que o prazo do contrato de concessão é de 240 meses contados a partir da data de início de execução dos serviços (ocorrida em 13/10/2004), é provável que a repactuação do objeto contratual que envolva a necessidade de investimentos adicionais pela Ecourbis resulte em uma extensão do prazo, com vistas a possibilitar a completa amortização dos novos investimentos (cls. 5.1 a 5.3). Além disso, entende-se que a descrição dos serviços concedidos por meio do contrato de concessão permite a repactuação da forma de prestação de serviços relacionados ao Ecoparque pela atual concessionária, conforme mencionado abaixo.

- Serviços de interesse geral: prevê-se que a AMLURB poderá determinar que a Ecourbis preste serviços de interesse geral relacionados com a sua atividade, incluindo:
 - a realização de serviços e atividades relacionadas ao serviço de limpeza urbana de coleta seletiva de lixo e triagem do material;
 - outras atividades necessárias a assegurar o funcionamento do serviço (cl. 11.8).
- Atividades relacionadas ao objeto da concessão: a AMLURB também poderá determinar que a Ecourbis preste atividades relacionadas ao objeto da concessão, desde que estas não prejudiquem a qualidade e continuidade dos serviços concedidos, podendo obter, inclusive, receitas acessórias (11.10).
- Compatibilidade de obrigações: as obrigações contraídas pela Ecourbis são compatíveis com as exigências relacionadas à implementação do Projeto, tal como: (a) realização de obras necessárias à execução do objeto contratual; (b) manutenção das instalações e equipamentos de limpeza urbana necessárias à execução do serviço em perfeitas condições de operação e funcionamento (cl. 8.2).
- Eficiência, modernidade e atualidade: a Ecourbis é responsável pela prestação dos serviços concedidos tendo em vista os princípios da eficiência, modernidade e atualidade (cl. 8.2, I).

Conclusão sobre a alternativa 1

Há aspectos contratuais aptos a subsidiar ajuste no objeto atual do Contrato de Concessão, em linha com as obrigações e prerrogativas atribuídas à Ecourbis e AMLURB. Ainda, é provável que o ajuste no objeto contratual exija a extensão de prazo, com vistas a possibilitar a amortização de eventuais investimentos adicionais pela Ecourbis (cls. 5.1 a 5.3).

O ajuste no escopo deve ser motivado pela AMLURB, que deverá, em conjunto com a Ecourbis, demonstrar que a repactuação do objeto contratual representa a melhor medida para atualização e modernização dos serviços concedidos, tendo em vista o avanço da tecnologia disponível para a sua execução, com base em critérios técnicos, operacionais e econômico-financeiros, além dos argumentos de fundo jurídico e contratuais objeto desta análise.

Esta alternativa possibilita ganhos de agilidade e eficiência na implantação do Projeto, tendo em vista sua aderência ao objeto do Contrato de Concessão. Além disso, a prestação dos serviços pela própria Ecurbis permite a exploração de receitas acessórias pela concessionária, como possível forma de amortização dos investimentos relacionados ao Ecoparque.

2.2 Alternativa 2 - Realização de nova contratação pela Prefeitura

A segunda alternativa é a realização de uma nova licitação pela Prefeitura de São Paulo visando a seleção de parceiro privado para construção, operação e gestão do Projeto. Esta alternativa se desdobra em duas opções:

- A Prefeitura pode realizar licitação para contratar os serviços de construção, gestão e operação do Ecoparque, independentemente da vigência do Contrato de Concessão. Essa contratação poderia se dar:
 - de forma integrada, por meio de novo contrato de concessão, específico para construção, gestão e operação do Ecoparque, o que possibilitaria que os investimentos necessários à implantação do Projeto fossem alocados à nova concessionária; ou
 - por meio de contratos apartados para construção e para gestão e operação do Ecoparque – por meio de contrato de prestação de serviços regido pela Lei 8.666 (para a construção) e de contrato de prestação de serviços regido pela Lei 8.666 ou de concessão regido pela Lei 8.987 (para os serviços de gestão e operação). Nesta hipótese, a AMLURB arcaria com os recursos financeiros necessários à implantação do Ecoparque.
- Considerando que o Contrato de Concessão entre AMLURB e Ecurbis deverá terminar em outubro de 2024, a Prefeitura poderia optar por realizar nova concessão com escopo mais amplo que o atualmente vigente. Neste caso, a modelagem de eventual novo contrato de concessão abrangeria desde o início os serviços de construção, gestão e operação do Ecoparque, além dos serviços atualmente prestados pela Ecurbis.

Conclusão sobre a alternativa 2

A escolha do melhor modelo deverá considerar a disponibilidade de recursos públicos para investimento no Projeto pela Prefeitura e, caso tais investimentos devam ser realizados pelo parceiro privado, a necessidade de prazo para sua amortização e estimativa de receitas do Projeto.

A alternativa 2, ao considerar a realização de nova contratação apartada do Contrato de Concessão da Ecurbis, tem a vantagem de promover ampla competição entre os interessados, com vistas a garantir o melhor preço à Administração Pública, além de possibilitar a exigência de critérios de capacidade técnica e índices de qualificação econômico-financeira proporcionais às características do Projeto e à realidade de mercado.

A realização de licitação, por outro lado, poderá resultar em maior morosidade da contratação e altos custos envolvidos no procedimento, tendo em vista as exigências e etapas burocráticas para sua realização.

A depender da estrutura adotada pela Prefeitura, a implantação e operação do Ecoparque fora do âmbito do Contrato de Concessão poderão (a) prejudicar seu equilíbrio econômico-financeiro; (b) implicar em inobservância da exclusividade outorgada à Ecurbis em relação à destinação final de resíduos sólidos.

3. Questões regulatórias aplicáveis à área do Projeto para avaliar eventuais restrições para implantação

Para localização da área do terreno, foi utilizado o roteiro simplificado, disponibilizado no site da Prefeitura de São Paulo. Seguindo o passo a passo, foi identificada a área, conforme destacado na figura a seguir.



Figura 1. Área do empreendimento destacada no Roteiro Simplificado de identificação de áreas disponibilizado no site da prefeitura de São Paulo.

De acordo com a legenda encontrada, tal área é classificada como uma Zona Mista (ZM), que, segundo a Lei de Zoneamento, são porções do território destinadas a promover usos residenciais e não residenciais, com predominância do uso residencial, com densidades construtiva e demográfica baixas e médias (art. 11).

Visto que a definição de ZM engloba a existência de áreas de uso não residenciais, de acordo com o art. 96 da Lei de Zoneamento, a categoria de Uso Não Residencial (nR) compreende diversas atividades, dentre elas as industriais, aplicáveis ao caso. Essa categoria possui subcategorias, dentre elas a subcategoria INFRA, que abrange edificações, instalações ou equipamentos relacionados ao saneamento básico e gestão de resíduos sólidos. A subcategoria INFRA, por sua vez, possui outras subcategorias, incluindo a INFRA-6, que engloba a gestão integrada de resíduos sólidos por meio de Ecoparque, dentre outras possibilidades.

Conclui-se, assim, que a área, classificada como ZM, é adequada à implementação do Projeto.

Eventuais Restrições de Uso

Não há nenhuma restrição que obste a implantação do Ecoparque na área indicada. Tal edificação é prevista na própria Lei de Zoneamento e é passível de implementação em qualquer local da cidade qual o seja permitido o Uso nR.

Os empreendimentos da subcategoria INFRA ficam condicionados a:

- Ter sua localização prevista no Plano Diretor, no respectivo Plano Setorial, nos Planos Regionais das Subprefeituras ou em leis específicas;
- Ou, quando não previstos nestes normativos, a localização deverá ser analisada pelo órgão público competente e deverá haver deliberação favorável pela Câmara Técnica de Legislação Urbanística (CTLU).

Por se tratar de um projeto recente, sua localização não se encontra prevista em nenhum dos normativos apontados. Sua implementação fica, portanto, condicionada à análise do órgão público competente e sua deliberação favorável (que, de acordo com consulta realizada na Prefeitura, é a própria CLTU).

Restrições gerais:

Nos processos de licenciamento de edificações novas em lotes de área superiores a 500m², é necessário construir reservas para aproveitamento de águas pluviais provenientes das coberturas das edificações para fins não potáveis (art. 80, Lei de Zoneamento). Ainda de acordo com essa Lei, projeto de engenharia e construção deverão observar regras quanto, por exemplo: Destinação de área pública (art. 44, §2º, art. 45 e Quadro 2); largura dos passeios públicos (art. 67); fachada ativa (art. 71); parâmetros de parcelamento do solo para definição das áreas do lote (Quadro 2A); parâmetros de ocupação (Quadro 3); exigências para a Quota Ambiental (Quadro 3A); e parâmetros de incomodidade por zona (Quadro 4B).

3.1 Licenciamento ambiental sobre a área em estudo, compreendendo descrição das licenças ambientais necessárias à implantação do Projeto e passo a passo para sua obtenção

Considerando que as atividades pretendidas compreendem uma planta de TMB e, tendo em vista o arcabouço legal aplicável ao licenciamento ambiental, a competência para o licenciamento ambiental das atividades pretendidas é do órgão ambiental estadual, qual seja, a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB).

O processo de licenciamento ambiental aplicável para as atividades em análise compreende um sistema trifásico, no qual cada licença é emitida por um determinado período de validade e a renovação ou emissão da licença precedente, restam condicionadas ao efetivo cumprimento das respectivas exigências técnicas estabelecidas pela CETESB:

Passo-a-passo do processo de licenciamento ambiental perante a CETESB, cuja emissão ocorre subsequentemente conforme ordem apresentada abaixo:

- Licença Prévia (LP);
- Licença de Instalação (LI);
- Licença de Operação (LO).



Estudo para avaliação de impacto ambiental

Diante da especificidade dos processos estudados e viabilizados técnica e financeiramente nos estudos apresentados, o processo de licenciamento do empreendimento englobará o estudo de impactos e posterior relatório de impactos ambientais, em razão da necessidade de detalhamento das tecnologias para análise específica dos órgãos ambientais reguladores. Além disso, deverá ser contemplado um Plano de Comunicação com a Comunidade, será elaborado e apresentado na mesma oportunidade de protocolo do EIA/RIMA, uma vez que há ocupação (residencial, institucional, de lazer, entre outras) nas áreas do entorno do empreendimento (raio de 1 km de distância). O Plano deverá ser implementado junto à população ao longo de todas as fases do licenciamento e enquanto houver necessidade de monitoramento.

4. Viabilidade regulatória da comercialização dos produtos gerados pelo projeto

4.1. Energia elétrica

Autorização da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) para Implantação de Usina Termelétrica: a ANEEL é a autoridade competente para regular e fiscalizar a produção, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica no Brasil. Nos termos da REN 390, é necessário obter autorização da ANEEL para fins de implantação de usinas termelétricas com potência superior a 5MW e para comercialização de energia elétrica proveniente de referidos empreendimentos. Em caso de usinas termelétricas com potência inferior a 5MW, não é necessário solicitar à ANEEL autorização, bastando tão somente comunicar à agência reguladora a respeito de sua implantação.

Observação

Para fins de obtenção de autorização perante a ANEEL, o empreendedor deverá apresentar a seguinte documentação: (i) o organograma detalhado do grupo econômico; (ii) ato constitutivo, estatuto ou contrato social em vigor e contrato de constituição de consórcio, conforme aplicável; (iii) ficha técnica para requerimento de outorga; (iv) arranjo geral da usina; (v) diagrama elétrico unifilar geral simplificado; (vi) informações sobre a disponibilidade dos combustíveis previstos; (vii) licença ambiental compatível com a etapa do projeto; (viii) outorga de uso dos recursos hídricos ou documentos do órgão competente dispensando a outorga; (ix) informação de acesso emitida pela concessionária de distribuição, pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico ou, subsidiariamente, pela Empresa de Pesquisa Energética; (x) cronograma físico completo da implantação do empreendimento; (xi) sumário executivo completo da implantação do empreendimento.

Celebração de Contratos de Conexão e Desconto na Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição ou Transmissão (TUSD ou TUST): Para fins de escoamento da energia elétrica produzida pela usina termelétrica, será necessário celebrar Contrato de Uso do Sistema de Distribuição/Transmissão e Contrato de Conexão ao Sistema de Distribuição/Transmissão, a depender do local onde o empreendimento será conectado no âmbito do Sistema Interligado Nacional (SIN).

Nos termos da Lei 9.427, empreendimentos com base em biomassa, incluindo proveniente de resíduos sólidos urbanos e rurais, terão direito a desconto de, ao menos, 50% (cinquenta por



cento) a ser aplicado à TUSD/TUST, incidindo na produção e no consumo da energia proveniente de tais empreendimentos, desde que a potência injetada nos sistemas de transmissão ou distribuição seja maior que 30 MW e menor ou igual a 300 MW.

Comercialização de Energia Elétrica: A usina termelétrica poderá comercializar energia elétrica no Ambiente de Contratação Livre (ACL) ou no Ambiente de Contratação Regulada (ACR) (leilões).

Para realizar a comercialização de energia elétrica, o empreendedor deverá aderir à Câmara de Comercialização de Energia Elétrica, nos termos dos Procedimentos e Regras de Comercialização. Além disso, de acordo com a Convenção de Comercialização, conforme aprovada pela Resolução ANEEL 109, de 26.10.2004, todos os contratos de compra e venda de energia elétrica deverão ser registrados perante a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica, para fins de contabilização e liquidação financeira.

Observações

De acordo com a Lei 10.848/2004, a comercialização de energia elétrica entre concessionários, permissionários e autorizados de serviços e instalações de energia elétrica, bem como destes com seus consumidores poderá se dar mediante contratação regulada ou livre e, assim, são definidos o ACR e ACL.

No ACR, são realizadas operações de compra de energia elétrica por concessionárias de distribuição, por meio de licitação, na modalidade de leilão, e o fornecimento de energia elétrica para o mercado regulado. Já no ACL, são realizadas operações de compra e venda de energia elétrica, objeto de contratos bilaterais livremente negociados pelas partes, sem qualquer interferência do regulador com relação a prazos, preços e volumes contratados conforme regras e procedimentos específicos.

4.2. Biogás/Biometano

As partes poderão pactuar livremente os termos e condições associados à comercialização de biogás/biometano. No entanto, cumpre observar que a Resolução ANP nº 685, de 29.06.2017 apresenta as regras para aprovação do controle da qualidade e a especificação do biometano oriundo de aterros sanitários e de estações e tratamento de esgoto destinado ao uso veicular e às instalações residenciais, industriais e comerciais.

Como estratégia de expansão da produção de biocombustíveis no Brasil, o programa RenovaBio foi lançado em 2016, e é a nova Política Nacional de Biocombustíveis. Deve-se avaliar, oportunamente, quando da efetiva implantação do Ecoparque e a depender das atividades que vierem a ser desenvolvidas, a viabilidade de emissão de Crédito de Descarbonização por Biocombustíveis (CBIO). Isto porque, o RenovaBio foi criado por meio da Lei nº 13.576/2017, mas ainda depende de regulamentação, que envolve, em especial: (i) definição de metas individuais; (ii) criação de norma da Comissão de Valores Mobiliários (CVM); entre outros.

4.3. CDR

Não há qualquer restrição de fundo regulatório à comercialização de recicláveis e CDR para a indústria cimenteira, sendo necessária a observância às normas estabelecidas pelos órgãos do Sistema Nacional do Meio Ambiente (Sisnama), do Sistema Nacional de Vigilância Sanitária

(SNVS), do Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Sinmetro), conforme aplicável. Deve-se observar a Resolução SMA Nº 38, de 31 de maio de 2017, que estabelece diretrizes e condições para o licenciamento e a operação da atividade de recuperação de energia proveniente do uso de Combustível Derivado de Resíduos Sólidos Urbanos (CDRU) em Fornos de Produção de Clínquer.

4.4. Composto

A depender da destinação do composto orgânico, as seguintes leis, diretrizes e normativas devem ser atendidas:

- Lei nº 6894, de 16 de dezembro de 1980. Dispõe sobre a inspeção e a fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes ou biofertilizantes, remineralizadores e substratos para plantas, destinados à agricultura, e dá outras providências. (Redação dada pela Lei nº 12.890, de 2013).
- Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004. Altera o Anexo ao Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004, que aprova o Regulamento da Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980, que dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, ou biofertilizantes, remineralizadores e substratos para plantas destinados à agricultura. (Redação dada pelo Decreto nº 8.384, de 2014)
- Resolução CONAMA nº 375, de 29 de agosto de 2006. Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências.
- Instrução Normativa SDA nº 25, de 23 de julho de 2009, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Aprova as normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais e biofertilizantes destinados à agricultura.
- Instrução Normativa SDA nº 27, de 5 de junho de 2006, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Dispõe sobre a importação ou comercialização, para a produção, de fertilizantes, corretivos, inoculantes e biofertilizantes.
- Instrução Normativa GM nº 46, de 6 de outubro de 2011, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Estabelece o Regulamento Técnico para os Sistemas Orgânicos de Produção Animal de Vegetal.
- Instrução Normativa GM nº 53, de 23 de outubro de 2013, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Estabelece disposições e critérios para a inspeção e fiscalização de fertilizantes, corretivos, inoculantes, biofertilizantes e materiais secundários; o credenciamento de instituições privadas de pesquisa; e requisitos mínimos para avaliação da viabilidade e eficiência agrônoma e elaboração do relatório técnico-científico para fins de registro de fertilizante, corretivo e biofertilizante na condição de produto novo.

Resolução nº 481, de 03 de outubro de 2017. Estabelece critérios e procedimentos para garantir o controle e a qualidade ambiental do processo de compostagem de resíduos orgânicos, e dá outras providências



PARTE 4- CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE A IMPLANTAÇÃO DE UM ECOPARQUE NO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO



1. Solução integrada para aproveitamento dos resíduos sólidos no município de São Paulo

Diante do exposto ao longo do presente estudo, a implantação de um Ecoparque na cidade de São Paulo, com base nas premissas indicadas, apresenta viabilidade técnica, econômico-financeira e regulatória. A configuração sugerida pela equipe técnica composta por representantes da ABRELPE, Ecourbis e AMLURB, e amparada por especialistas com experiência internacional, é resultante da análise para uma viabilidade real do Ecoparque. Portanto, as componentes relativas à capacidade de tratamento da fração orgânica e a potencial entrada desse material segregado na fonte por grandes geradores, serão incorporadas e/ou ampliadas ao longo do tempo e em se demonstrando sua viabilidade ambiental, econômica e financeira. Há viabilidade técnica, mas essa deve ser respaldada e acompanhada pelo fortalecimento de mercados que absorvam os produtos já mencionados ao longo dos estudos, bem como de subsídios governamentais que amortizem os custos de investimento e operacionais.

A entrada de resíduos orgânicos domiciliares separados na fonte, objeto de coleta seletiva, também é uma possibilidade para quando o Ecoparque estiver em plena operação. Sua viabilidade foi objeto de estudo⁷ e desenvolvimento de uma proposta de iniciativa piloto no bairro da Lapa, em São Paulo, por especialistas da ISWA, notadamente Marco Ricci, como parte das atividades realizadas pela Iniciativa de Resíduos da CCAC para a cidade. Além de ser viável, a coleta seletiva de fração orgânica segregada nos domicílios e tratamento biológico por compostagem e/ou digestão anaeróbia estão previstos no PMGIRS da cidade.

Atualmente, o município enfrenta desafios no que se refere à separação na fonte da fração seca dos resíduos sólidos e a fração úmida, na ausência de tecnologias que permitam seu aproveitamento, ainda tem como destino final os aterros sanitários. Dessa forma, o projeto do Ecoparque, que se coloca como uma solução integrada e combina processos mecânicos, biológicos e térmicos e alinhada às metas estabelecidas no PGIRS da cidade, trará, dentre outros, os seguintes benefícios:

⁷ Source separation of the organic fraction from household waste – implementation plan for a trial in the Lapa district in Sao Paulo. Acesso em: <https://www.waste.ccacoalition.org/activity/implementation-plan-trial-separate-collection-organic-fraction-household-waste-lapa>

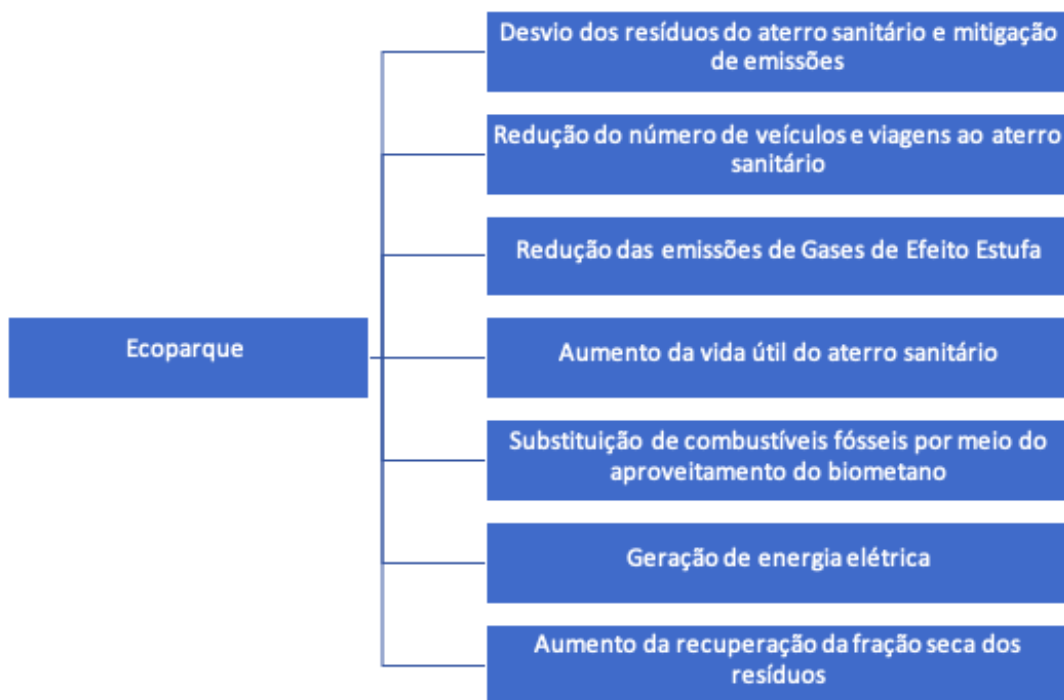


Figura 1. Benefícios da implementação do Ecoparque no município de São Paulo.

Especificamente em termos de emissões, a equipe do projeto realizou a análise do potencial de mitigação com a implementação do Ecoparque, abordando o cenário nacional e os compromissos assumidos pelo país para reduzir as emissões dos GEE, o Plano de Metas Municipais (2019-2020), bem como a quantificação do potencial de redução de emissões pela Ferramenta de Quantificação de Emissões da Gestão de Resíduos Sólidos (SWEET). Os resultados desta análise são apresentados no item a seguir.

2. Potencial de redução de emissões com a implementação do Ecoparque de São Paulo segundo a ferramenta SWEET

Tendo como premissa a redução das emissões no setor de resíduos, foi realizada a quantificação do potencial de redução de emissões por meio da ferramenta SWEET, de forma a avaliar o impacto da implementação do Ecoparque no município de São Paulo; os resultados são apresentados a seguir.

Ferramenta SWEET

Com o objetivo de oferecer uma perspectiva complementar à análise das emissões evitadas com a implementação do Ecoparque, foi realizada uma nova quantificação utilizando a ferramenta SWEET em sua versão 3.0, desenvolvida pela Abt Associates e SCS Engineers em nome da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (US EPA) e da Iniciativa de Resíduos da Coalizão Clima e Ar Limpo. A ferramenta tem como principais características:

- Apresentar estimativas de emissões em nível de projeto, fonte ou sistema;
- Quantificar as emissões para um cenário de referência e até quatro cenários alternativos, que consideram distintas soluções de tratamento (associadas ou isoladas)

para os orgânicos, além de reciclagem para os recicláveis secos, que são discriminados por tipo de material.

- Contempla outros poluentes, como: CO₂, CH₄, NO_x, SO_x, material particulado, carbono orgânico e carbono negro.

Ou seja, a ferramenta SWEET considera as contribuições para a redução de emissões em função de alternativas de tratamento adotadas e não unicamente em decorrência da redução do aterramento em locais de disposição final. Outras funcionalidades da ferramenta são as contribuições de emissões relacionadas à equipamentos de manejo e veículos de transporte dos resíduos.

Cenário de referência do Agrupamento Sudeste da cidade de São Paulo

Os dados do cenário de referência utilizados foram:

- 2.226.257 toneladas de RSU coletadas no agrupamento Sudeste em 2018, das quais 2.190.874 toneladas foram enviadas para o aterro sanitário CTL. O aterro possui sistema de recuperação de biogás, e a eficiência de coleta é estimada em 60%. Sua vida útil remanescente é de seis anos.
- Com relação aos recicláveis secos, 35.383 toneladas foram coletadas separadamente em 2018 e entregues à CMT Carolina Maria de Jesus e às cooperativas cadastradas;
- O transporte dos resíduos neste agrupamento é realizado por 244 caminhões pesados, todos movidos a diesel;

Cenários alternativos avaliados

Complementarmente, foram propostos dois cenários alternativos, cujas emissões foram comparadas com as do cenário de referência. Os cenários alternativos analisados foram:

- Com recuperação energética: é proposto o envio de 73.632 t/ano de resíduos orgânicos para o tratamento biológico, 612.000 t/ano de rejeito para recuperação energética (rejeito do TMB, Transbordo Santo Amaro e CMT Carolina Maria de Jesus) e recuperação de 77.079 t/ano de resíduos recicláveis secos. Em termos de transporte, o biometano produzido possui o potencial para o abastecimento da frota de coleta de 216 caminhões pesados movidos a gás natural.
- Sem recuperação energética: é proposto o envio de 73.632 t/ano de resíduos orgânicos para o tratamento biológico e recuperação de 77.079 t/ano de recicláveis secos. Diferentemente do cenário anterior, as 612.000 t/ano de rejeito serão encaminhadas para o aterro sanitário. Em termos de transporte, a frota de caminhões seria de 236 caminhões pesados movidos a gás natural, oriundo do processo de metanização. É importante destacar que o menor número de caminhões no cenário com incineração se dá devido ao menor volume de rejeitos enviados à disposição final.

Comparação dos resultados do Cenário de Referência e Cenários Alternativos propostos para o Ecoparque de São Paulo

O gráfico de emissões de metano com comparação do cenário de referência e cenários alternativos é apresentado a seguir.

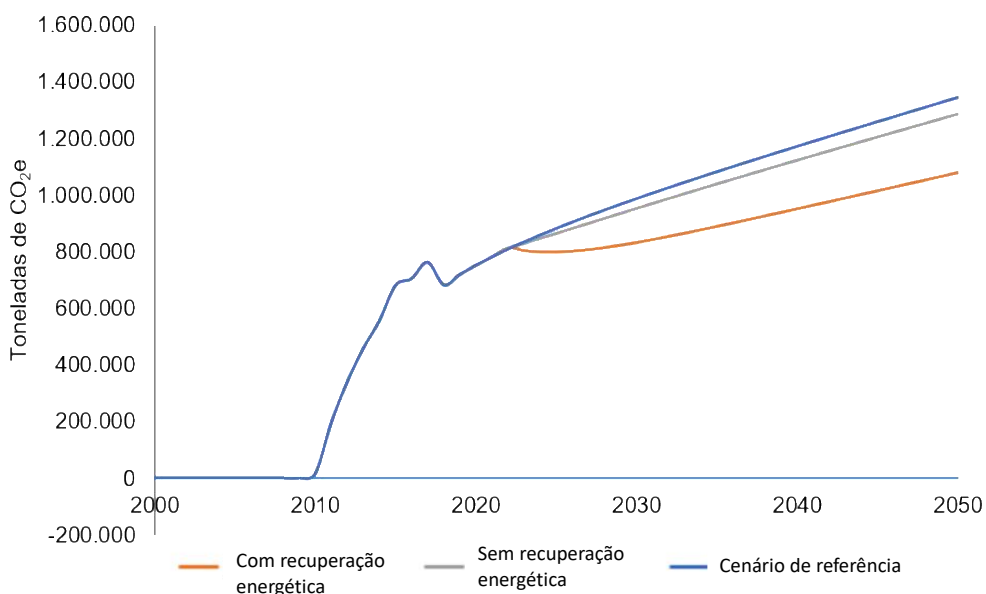


Figura 2. Emissões de metano por cenário até 2050.

As emissões de metano foram analisadas em quatro períodos, conforme segue:

- **2010-2020** para o Cenário de Referência
- **2021-2025, 2026-2030 e 2031-2050** para a comparação do Cenário de Referência com os Cenários Alternativos.

Os resultados de emissões por período, por cada cenário, são apresentados na tabela a seguir.

Tabela 3. Emissões de metano ao longo do tempo e redução em comparação com o Cenário de Referência.

Ano	Emissões de metano ao longo do tempo (Tons CO2e)			Redução em comparação ao cenário de referência	
	Cenário de referência	Com recuperação energética	Sem recuperação energética	Com recuperação energética	Sem recuperação energética
1º período 2010-2019	5.110.797				
2º período 2020-2025	4.915.067	4.746.058	4.888.477	-3%	-1%
3º período 2026-2030	4.729.940	4.076.174	4.592.068	-14%	-3%
Varição em comparação ao 2º e 3º períodos	-4%	-14%	-6%		
4º período 2031-2050	23.575.590	19.172.535	22.633.582	-19%	-4%



Os resultados demonstraram que ambos os cenários alternativos propostos impactam positivamente as emissões em comparação ao cenário de referência, porém, o cenário que contempla recuperação energética apresentou melhor desempenho, com redução das emissões de metano de **169.009 tCO_{2eq} entre 2020 e 2025 e de 4.403.055 tCO_{2eq} entre 2031 e 2050**. Já o cenário sem recuperação energética apresentou redução de **26.590 tCO_{2eq} e 942.008 tCO_{2eq}** no mesmo período.

É importante também ressaltar que no cenário com recuperação energética, seriam desviadas 612.000 toneladas/ano de rejeito do aterro sanitário para a recuperação energética e, conseqüentemente, seria necessário menor número de veículos e viagens ao aterro, o que também impacta positivamente nas emissões.

Dessa forma, considerando todos os fatores mencionados acima, o cenário com recuperação energética se mostrou a melhor alternativa do ponto de vista da análise de viabilidade técnica, também sob o aspecto de redução de emissões. Além disso, os valores apresentados para redução de emissões contribuem para o alcance da meta estabelecida no Plano de Metas do município.