

# RELATÓRIO 3 - PLANO TECNOLÓGICO

**Prefeitura Municipal de Ubatuba**

**Secretário Municipal de Meio Ambiente**

Juan Jose Blanco Prada

**Coordenadora e Responsável Técnica:**

Enga. Adva. Christiane Dias Pereira

CREASP- 150191



**Contrato:**

170/2015

**Novembro de 2015**



## Sumário

<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>5</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>6</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>8</b>
<b>2 JUSTIFICATIVAS.....</b>	<b>9</b>
<b>3 POTENCIALIDADE TECNOLÓGICA DOS RESÍDUOS.....</b>	<b>10</b>
<b>3.1 ANÁLISE DO POTENCIAL DE GERAÇÃO DE CDR.....</b>	<b>10</b>
3.1.1 INTRODUÇÃO.....	10
3.1.2 ANÁLISE QUANTITATIVA E QUALITATIVA .....	10
3.1.2.1 POTENCIALIDADE GRAVIMÉTRICA E GRANULOMÉTRICA.....	11
3.1.2.2 POTENCIALIDADE ANALÍTICA.....	15
3.1.2.3 UMIDADE.....	17
3.1.2.4 METAIS PESADOS.....	18
3.1.3 CONCLUSÃO SOBRE O POTENCIAL DE CDR.....	20
<b>3.2 ANÁLISE DO POTENCIAL DE GERAÇÃO DE COMPOSTO.....</b>	<b>20</b>
3.2.1 INTRODUÇÃO.....	20
3.2.2 ANÁLISE QUANTITATIVA E QUALITATIVA .....	22
3.2.2.1 POTENCIALIDADE GRAVIMÉTRICA E GRANULOMÉTRICA.....	22
3.2.2.2 UMIDADE.....	23
3.2.2.3 PERDA POR IGNIÇÃO .....	24
3.2.2.4 METAIS PESADOS.....	25
3.2.3 CONCLUSÃO SOBRE O POTENCIAL DE COMPOSTO.....	27
<b>3.3 ANÁLISE DO POTENCIAL DE GERAÇÃO DE REICLÁVEIS .....</b>	<b>28</b>
3.3.1 INTRODUÇÃO.....	28



3.3.2	ANÁLISE QUANTITATIVA E QUALITATIVA .....	30
3.3.3	CONCLUSÃO SOBRE O POTENCIAL DE RECICLÁVEIS.....	32
<b>3.4</b>	<b>ANÁLISE DO POTENCIAL DE GERAÇÃO DE BIOGÁS .....</b>	<b>33</b>
3.4.1	INTRODUÇÃO.....	33
3.4.2	ANÁLISE QUANTITATIVA E QUALITATIVA .....	34
<b>3.5</b>	<b>ANÁLISE DO POTENCIAL DE ESTABILIZAÇÃO .....</b>	<b>36</b>
3.5.1	INTRODUÇÃO.....	36
3.5.2	ANÁLISE QUANTITATIVA E QUALITATIVA .....	37
<b>4</b>	<b><u>DIRETRIZES TÉCNICAS PARA O DIMENSIONAMENTO .....</u></b>	<b>39</b>
<b>5</b>	<b><u>PROJETO CONCEITUAL.....</u></b>	<b>41</b>
<b>5.1</b>	<b>DESCRITO TECNOLÓGICO.....</b>	<b>43</b>
5.1.1	PÁTIO DE DESCARREGAMENTO .....	43
5.1.2	TRATAMENTO MECÂNICO .....	44
5.1.3	BIODIGESTÃO .....	45
5.1.4	ESTABILIZAÇÃO AERÓBIA .....	45
<b>5.2</b>	<b>BALANÇO DE MASSA.....</b>	<b>48</b>
5.2.1	FASE 01 – TMB AERÓBIO (TÚNEIS) .....	48
5.2.2	FASE 02 – TMB ANAERÓBIO E AERÓBIO (TÚNEIS).....	49
<b>6</b>	<b><u>ANÁLISE ECONÔMICA .....</u></b>	<b>50</b>
<b>6.1</b>	<b>FASE 01 – TMB AERÓBIO (TÚNEIS) – 80.000 T/A .....</b>	<b>50</b>
<b>6.2</b>	<b>FASE 02 – TMB ANAERÓBIO E AERÓBIO (TÚNEIS) .....</b>	<b>51</b>
<b>7</b>	<b><u>INDICADORES DE PERFORMANCE.....</u></b>	<b>54</b>
<b>8</b>	<b><u>ANÁLISE DE MERCADO PARA SUBPRODUTOS .....</u></b>	<b>56</b>
<b>9</b>	<b><u>INTERVENÇÕES SUSTENTÁVEIS.....</u></b>	<b>58</b>



<b>9.1</b>	<b>CAPACITAÇÃO PÚBLICO INTERNO .....</b>	<b>58</b>
<b>9.2</b>	<b>CAPACITAÇÃO PÚBLICO EXTERNO .....</b>	<b>58</b>
<b>9.3</b>	<b>FORMAÇÃO DE PARCERIAS .....</b>	<b>59</b>
<b>10</b>	<b><u>CONTRIBUIÇÃO PARA A PROTEÇÃO AMBIENTAL E PRESERVAÇÃO DOS RECURSOS NATURAIS .....</u></b>	<b><u>60</u></b>
<b>10.1</b>	<b>CONTRIBUIÇÃO PARA A PROTEÇÃO DOS RECURSOS NATURAIS.....</b>	<b>60</b>
<b>10.2</b>	<b>CONTRIBUIÇÃO PARA A PROTEÇÃO DO CLIMA .....</b>	<b>61</b>
<b>10.3</b>	<b>CONTRIBUIÇÃO PARA AS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS .....</b>	<b>62</b>
<b>11</b>	<b><u>PROJETO DE VALORIZAÇÃO DE CURTO PRAZO .....</u></b>	<b><u>63</u></b>
<b>11.1</b>	<b>IMPLANTAÇÃO DE ECOPONTOS .....</b>	<b>64</b>
<b>11.2</b>	<b>OTIMIZAÇÃO DE TRIAGEM DE RECICLÁVEIS ORIUNDOS DA COLETA SELETIVA.....</b>	<b>71</b>
<b>11.3</b>	<b>COMPOSTAGEM DE VERDES, DE RESÍDUOS DA PESCA, DE RESÍDUOS DE FEIRAS E DE COCOS .....</b>	<b>75</b>
<b>11.4</b>	<b>RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL .....</b>	<b>79</b>
<b>12</b>	<b><u>CONCLUSÕES.....</u></b>	<b><u>82</u></b>



## Lista de figuras

Figura 3-1 – Gravimetria global 'reagrupada' .....	12
Figura 3-2 – Caracterização por rota 'reagrupada' CDR .....	13
Figura 3-3 – Caracterização por classe granulométrica 'reagrupada' CDR .....	14
Figura 3-4 – Peneira teórica por grupo CDR.....	15
Figura 3-5 – Umidade nas frações granulométricas.....	18
Figura 3-6 – Metais pesados na fração < 80 mm.....	19
Figura 3-7 – Metais pesados na fração < 40 mm.....	19
Figura 3-8 – Caracterização granulométrica por rota.....	22
Figura 3-9 – Caracterização por Granulometria .....	23
Figura 3-10 – Umidade nas frações granulométricas.....	24
Figura 3-11 – A definição de matéria seca no laboratório .....	24
Figura 3-12 – Perda por ignição .....	25
Figura 3-13 – Metais pesados na fração < 80 mm.....	26
Figura 3-14 – Metais pesados na fração < 40 mm.....	27
Figura 3-15 - Geral processo de geração de biogás.....	34
Figura 3-16 - Tecnologias e processos anaeróbios – biodigestão .....	34
Figura 3-17 – Resultados de valores pH das amostras no começo e no fim das análises.....	35
Figura 3-18 – Resultados laboratoriais de GB <sub>21</sub> .....	36
Figura 3-19 – Resultados laboratoriais de AT <sub>4</sub> .....	38
Figura 3-20 – Resultados de GB <sub>21</sub> em comparação com o limite para aterramento .....	38
Figura 5-1 – Fluxograma de planejamento de TMB em Ubatuba .....	42
Figura 5-2 – Túneis e Contêineres para aerobização.....	46
Figura 5-3 – Fases do processo.....	47
Figura 5-4 – Balanço de Massa – Cenário 01 .....	48



Figura 5-5 – Balanço de Massa – Cenário 02 .....	49
Figura 6-1 – Comparação dos cenários - Investimentos .....	52
Figura 6-2 - Comparação dos cenários – Áreas .....	52
Figura 6-3 - Comparação dos cenários – Geração de subprodutos .....	53
Figura 11-1 – Previsto de geração de resíduos e marcos legais.....	63
Figura 11-2 – Área de ECOPONTO – 500 m <sup>2</sup> (1:100) .....	66
Figura 11-3 – Área de ECOPONTO – 250 m <sup>2</sup> (1:100) .....	67
Figura 11-4 - Área de ECOPONTO – 150,00 m <sup>2</sup> (1:100) .....	68
Figura 11-5 - Área de ECOPONTO – 225,00 m <sup>2</sup> (1:100) .....	69
Figura 11-6 – Visão geral da unidade compacta de separação de resíduos recicláveis.....	72
Figura 11-7 - Seções transversais – Unidade de separação de recicláveis .....	73
Figura 11-8 – Fluxograma resumido do encaminhamento do processo de separação.....	74
Figura 11-9 – Tecnologia de compostagem - Contêiner.....	79

## **Lista de tabelas**

Tabela 3-1 – Agrupamento das frações para avaliação do potencial de CDR .....	11
Tabela 3-2 – Especificações para recebimento e controle de CDR .....	16
Tabela 3-3 – Parâmetros analisados.....	17
Tabela 3-4 - Anexo III - Especificações dos Fertilizantes Orgânicos Mistos e Compostos.....	21
Tabela 3-5 - Anexo V - Limites máximos de contaminantes admitidos em fertilizantes orgânico	21
Tabela 3-6 – Lista de metais pesados analisados.....	25
Tabela 3-7- Estimativa de rendimento por quantidade de recicláveis em material misto, base alta automatização .....	30
Tabela 3-8 - Estimativa de rendimento por quantidade de recicláveis em material misto, base baixa automatização .....	31



Tabela 3-9 - Estimativa de rendimento por quantidade de recicláveis da coleta seletiva, base baixa automatização .....	32
Tabela 3-10 - Rendimento de gás dependendo da composição de substrato .....	33
Tabela 3-11 - Qualidade de biogás dependendo da composição de substrato .....	35
Tabela 3-12 – Limites de AT <sub>4</sub> e GB <sub>21</sub> no material destinado a aterro .....	37
Tabela 4-1 - Formatação da matriz de impactos tecnológicos compilação de resultados .....	39
Tabela 5-1 – Descritivo de áreas .....	41
Tabela 6-1 – Balanço Econômico – Cenário 01 .....	50
Tabela 6-2 – Balanço Econômico – Cenário 02 – implementação total .....	51
Tabela 9-1 - Levantamento atual do mercado no litoral norte de São Paulo .....	59
Tabela 10-1 - Linhas de base dos aterros tradicionais e do aterro de rejeitos com as respectivas emissões em carbono equivalente .....	61
Tabela 10-2 - Balanço da redução total em t CO <sub>2</sub> eq devido ao aterramento de menores massas e recuperação energética e de materiais.....	62
Tabela 11-1 – Orçamento para de implantação do ECOPONTO modelo 2 (Figura 11-2) .....	70
Tabela 11-2 – Orçamento para implantação e operação do ECOPONTO modelo 2 (Figura 11-2) – base 60 meses .....	71
Tabela 11-3 – Orçamento para implantação da unidade de separação de recicláveis .....	75
Tabela 11-4 – Potencialidade de geração de resíduos específicos.....	76
Tabela 11-5 - Orçamento para a implantação da compostagem .....	77
Tabela 11-6 – Orçamento estimativa com operação e manutenção de planta de compostagem .....	78
Tabela 11-7 – Orçamento para a implantação da reciclagem de RCC .....	80
Tabela 11-8 – Orçamento estimativo com operação e manutenção de planta de reciclagem de RCC.....	81



## 1 Introdução

Os atuais marcos legais que retratam a gestão de resíduos definem premissas que deverão ser tomadas como referência durante o desenvolvimento do conceito tecnológico, tais como: gestão compartilhada, minimização de resíduos, coleta seletiva, educação ambiental e o tratamento dos resíduos sólidos tendo como parâmetro balizador a diminuição dos rejeitos que serão encaminhados à disposição final.

Estes fatores orientadores visam além de reduzir o impacto ambiental direto da disposição final na forma de emissões líquidas e gasosas, também gerar uma economia circular que valorize os recursos secundários em detrimento dos recursos primários, preservando assim o meio ambiente para as próximas gerações e reduzindo custos de manutenção posterior após encerramento dos aterros sanitários.

Portanto o binômio preservação dos recursos primários e a mitigação dos impactos ambientais passou a reger a nova ordem econômica da gestão de resíduos, promovendo a sustentabilidade e inclusão social.

A cidade de Ubatuba se destaca por sua privilegiada característica geográfica onde prevalecem a biodiversidade costeira e marinha de extrema importância para a manutenção dos sistemas ambientais, sendo esta região um dos maiores remanescentes de mata atlântica e ecossistemas costeiros preservados do país.

A acelerada e desordenada ocupação e uso das áreas litorâneas tem aumentado o número de ameaças à sua conservação, ampliando as ameaças antrópicas. Intensificando os impactos ambientais temos ainda um intenso fluxo turístico, com uma população que apesar de buscar seu conforto em sua vultuosa geografia, fauna e flora, tem baixo comprometimento com a cidade, fazendo com que o poder público assuma o desafio de concentrar seus esforços de conscientização em uma população que permanece curtos períodos na cidade.



## 2 Justificativas

Paralelamente as obrigações firmadas pelos termos da lei, o mercado tem buscado soluções alternativas para o destino sustentável de resíduos, considerado hoje o principal gargalo do processo de gestão de resíduos sólidos no Brasil. Nesse contexto, vem se destacando a concepção de plantas de tratamento, que se configuram em um conjunto de tecnologias integradas capazes de promover o gerenciamento completo dos diversos tipos de resíduos, evitando a poluição e minimizando os impactos ambientais e sociais.

Durante o desenvolvimento dos estudos foram identificadas e avaliadas uma série de tecnologias segundo seus impactos ambientais, operacionais e econômicos. O cruzamento de suas complexidades apontaram pela priorização das tecnologias mecânico-biológicas na forma de triagem de recicláveis e valorização da fração orgânica na forma aeróbia com o intuito de gerar composto mas também de estabilizar biologicamente estas frações reduzindo significativamente massa e impactos ambientais.

Tecnologias de fermentação apesar de oferecerem a possibilidade de recuperação energética sofrem seriamente influência dos preços praticados para o mercado de fontes energéticas alternativas, não podendo ser apontadas atualmente como uma solução apropriada no momento em que não encontramos o reconhecimento do mercado que permita precificações condizentes ao volume de investimento e custos de operação. O sucesso da recuperação energética está diretamente relacionado com políticas públicas que fixem subsídios para as fontes alternativas de energia, impulsionando assim esse novo mercado.

De qualquer forma, durante o desenvolvimento deste conceito tecnológico estaremos abordando 3 fases sendo a primeira voltada para ações de curto prazo, uma segunda com estabilização biológica e triagem de recicláveis e uma terceira onde será introduzida uma planta de recuperação energética na forma de tecnologia de biodigestão, com base no entendimento de que no futuro esta forma de geração de energia será mais valorizada pelo mercado em decorrência de novas políticas públicas.



### **3 Potencialidade tecnológica dos resíduos**

#### **3.1 ANÁLISE DO POTENCIAL DE GERAÇÃO DE CDR**

##### **3.1.1 INTRODUÇÃO**

Em primeiro lugar da análise de potenciais para um tratamento adequado e adaptado para a composição de resíduos sólidos domiciliares determinado durante a gravimetria, será apresentado o potencial de utilização de material como CDR a partir das frações das maiores classes granulométricas (> 60 mm).

Desta forma, o potencial de recuperação energética depende em primeiro lugar do poder calorífico dos resíduos. O poder calorífico por sua vez depende da composição do resíduo e de sua umidade.

Para além do poder calorífico, é preciso que o resíduo seja conforme aos critérios de aceitação impostos pelo operador da instalação onde se efetuará a recuperação energética. Estes critérios visam controlar a qualidade dos resíduos e impõe por exemplo valores mínimos para o poder calorífico além de valores máximos ou bandas para certos elementos químicos que podem ter impacto no processo de valorização ou suas emissões (p.ex. cloro ou mercúrio num forno de cimenteira). Assim, garante-se que o resíduo poderá ser introduzido no ponto correto para o aproveitamento de sua energia sem criar impactos negativos no processo produtivo, nas emissões ou no produto.

Pode-se concluir que a avaliação do potencial para recuperação energética de RSU é um processo que requer conhecimento detalhado do material bruto, ou seja, uma análise detalhada de sua composição total, mas também da composição de suas diversas frações materiais e granulométricas. Para além disto é um processo iterativo pois embasado nesta informação detalhada, diversas opções de tratamento poderão ser concebidas cada qual com resultados e potenciais diferentes.

Finalmente, é importante ressaltar que além dos aspectos de qualidade dos resíduos ou frações que se obterão a partir do pré-tratamento, a quantidade que poderá ser captada também é importante para justificar a viabilidade técnica e econômica do projeto.

##### **3.1.2 ANÁLISE QUANTITATIVA E QUALITATIVA**

Para a análise que segue, os dados coletados na campanha de gravimetria foram reordenados para refletir melhor o potencial de aproveitamento energético em uma cimenteira. A informação detalhada sobre as 24 frações de materiais presentes nas diversas rotas foi simplificada reagrupando as frações nos seguintes 6 grupos (ver Tabela 3-1):

- 🔄 'CDR': Frações potencialmente com alto poder calorífico e assim as mais interessantes para a produção de CDR;
- 🔄 'PVC': PVC que tem potencial energético mas é indesejado no processo de clínquerização por seu alto teor de cloro;
- 🔄 'Metais': Ferrosos e não ferrosos, que será mais interessante separar para reciclagem do que enviar à cimenteira;
- 🔄 'Inertes': Minerais em geral, sua quantidade é importante pois reduz o poder calorífico do resíduo e deve ser controlada - os minerais são aptos à serem absorvidos no processo de clínquerização;
- 🔄 'Biodegradáveis': Frações mais facilmente biodegradáveis e em geral com alto teor de umidade e baixo PCI, portanto de baixo interesse para produção de CDR;
- 🔄 'Rejeitos': Frações indesejadas no processo de clínquerização

**Tabela 3-1 – Agrupamento das frações para avaliação do potencial de CDR**

Fração	Grupo	Fração	Grupo
papel	CDR	PVC	PVC
papelão		metal ferrosos	Metais
tetrapak		metal não ferrosos	
higiênicos		vidro	Inertes
fraldas		mineral	
plástico 2 D		orgânico	Biodegradável
plástico 3 D		verdes	
plástico com alumínio		Rejeitos	pilhas e baterias
madeira			rejeitos
couro			contaminantes
borracha			cabos
isopor			
têxtil			

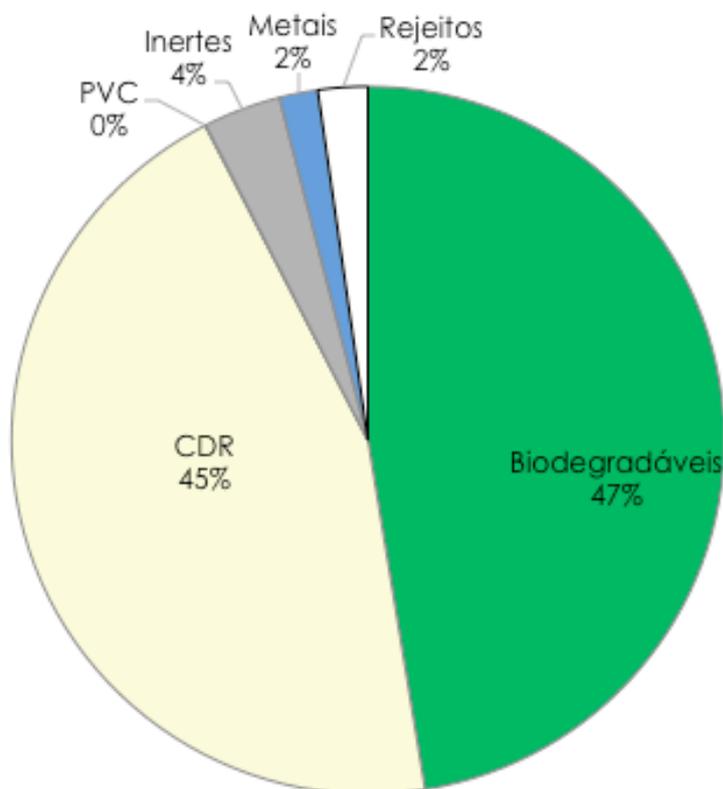
Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

### 3.1.2.1 POTENCIALIDADE GRAVIMÉTRICA E GRANULOMÉTRICA

Aplicando o agrupamento mencionado acima aos resultados globais da gravimetria, temos que no resíduo bruto da coleta tradicional se encontram 45 % de frações com potencial de serem transformadas em CDR. Este dado em si já merece atenção por indicar alto potencial do RSU em questão para valorização energética. Temos também uma importante quantidade (47 %) de material biodegradável. Por um lado este grupo será a fonte no resíduo bruto da maior parte da umidade. Ao mesmo tempo, é neste grupo que se encontra o material relevante para um eventual processo de bio-secagem, processo que pode aumentar a quantidade de resíduo encaminhado para a valorização energética, tornando o projeto mais interessante. É perti-

nente também notar que apenas 4 % do resíduo bruto está nos grupos 'Metais' e 'Rejeitos' que deverão ser separados antes do envio do material à cimenteira.

**Figura 3-1 – Gravimetria global 'reagrupada'**



**Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.**

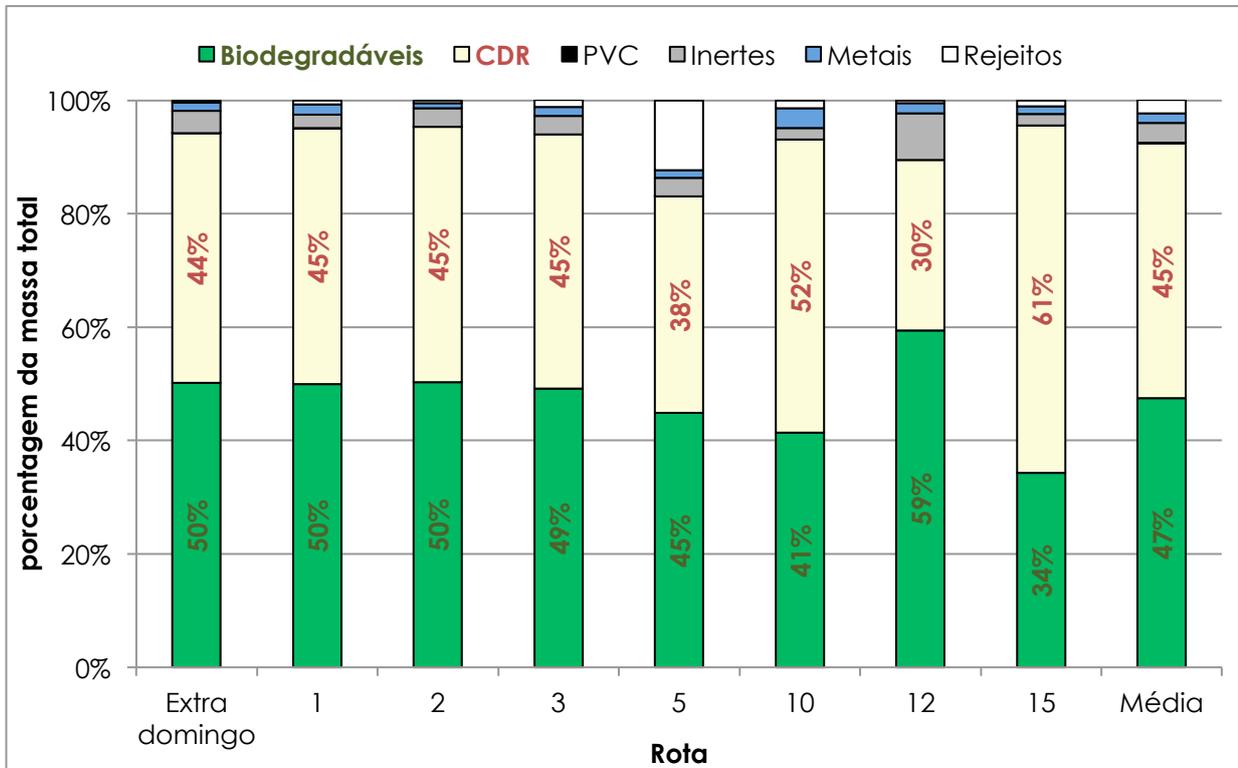
Esta primeira análise indica a presença de 45 % x 40.000 t/a ou seja 18.000 t/a de material com alto potencial para ser transformado em CDR. No entanto, esta estimativa desconsidera a qualidade deste mesmo material que pode não atender aos requerimentos mínimos da cimenteira (p.ex. em termos de umidade ou de PCI), além de supor que é possível uma separação perfeita em um processo industrial das frações que foram separadas manualmente (e portanto com maior precisão) para a granulometria.

Esta estimativa também não considera uma possível bio-secagem do material biodegradável ou de parte dele. Esta é uma via para a produção de quantidades maiores de CDR a partir do mesmo RSU, e no presente caso deverá ser considerada já que é importante a quantidade deste material no RSU bruto.

Uma análise por rota dos grupos (Figura 3-2) revela uma variabilidade na quantidade dos dois mais importantes grupos 'CDR' e 'Biodegradáveis', com um desvio de até 15 % (absolutos) nestes dois grupos. Apesar desta variabilidade, os resultados cap-

tados são confiáveis para a elaboração do conceito técnico, não influenciando significativamente o design operacional da planta.

**Figura 3-2 – Caracterização por rota ‘reagrupada’ CDR**

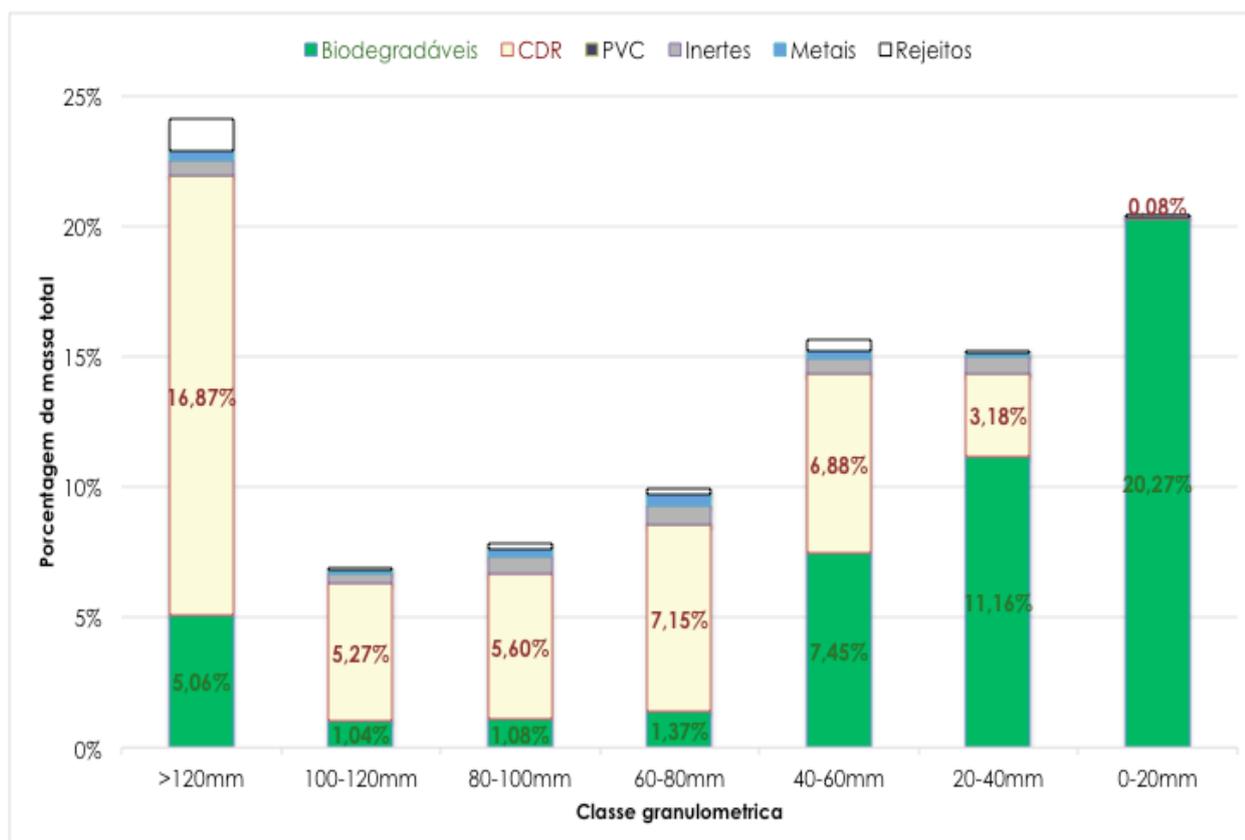


Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Sobressai no entanto ainda uma menor variabilidade na quantidade de ‘Inertes’, sendo o desvio padrão de 4 % (máximos) numa média de 3,5 %. Esta variabilidade é causada por quantidades mais importantes de minerais na rota 12. No caso da rota 5, a maior parte dos ‘Rejeitos’ são materiais que se encontram na fração granulométrica > 120 mm, neste caso podemos dispensar esta análise pelo seu desvio frente aos resultados captados nas demais rotas.

Explorando finalmente a repartição dos grupos mencionados conforme a classe granulométrica, obtemos a Figura 3-3. Os materiais com potencial de serem transformados em CDR encontram-se claramente concentrados nas classes de tamanho maior do que 60 mm, enquanto materiais biodegradáveis estão mais concentrados nas classes mais finas. A constatação da acumulação de material com superior potencial para CDR nas classes de tamanho maior está de acordo com dados da literatura que também descrevem tal concentração em RSU de diversas origens.

**Figura 3-3 – Caracterização por classe granulométrica ‘reagrupada’ CDR**



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

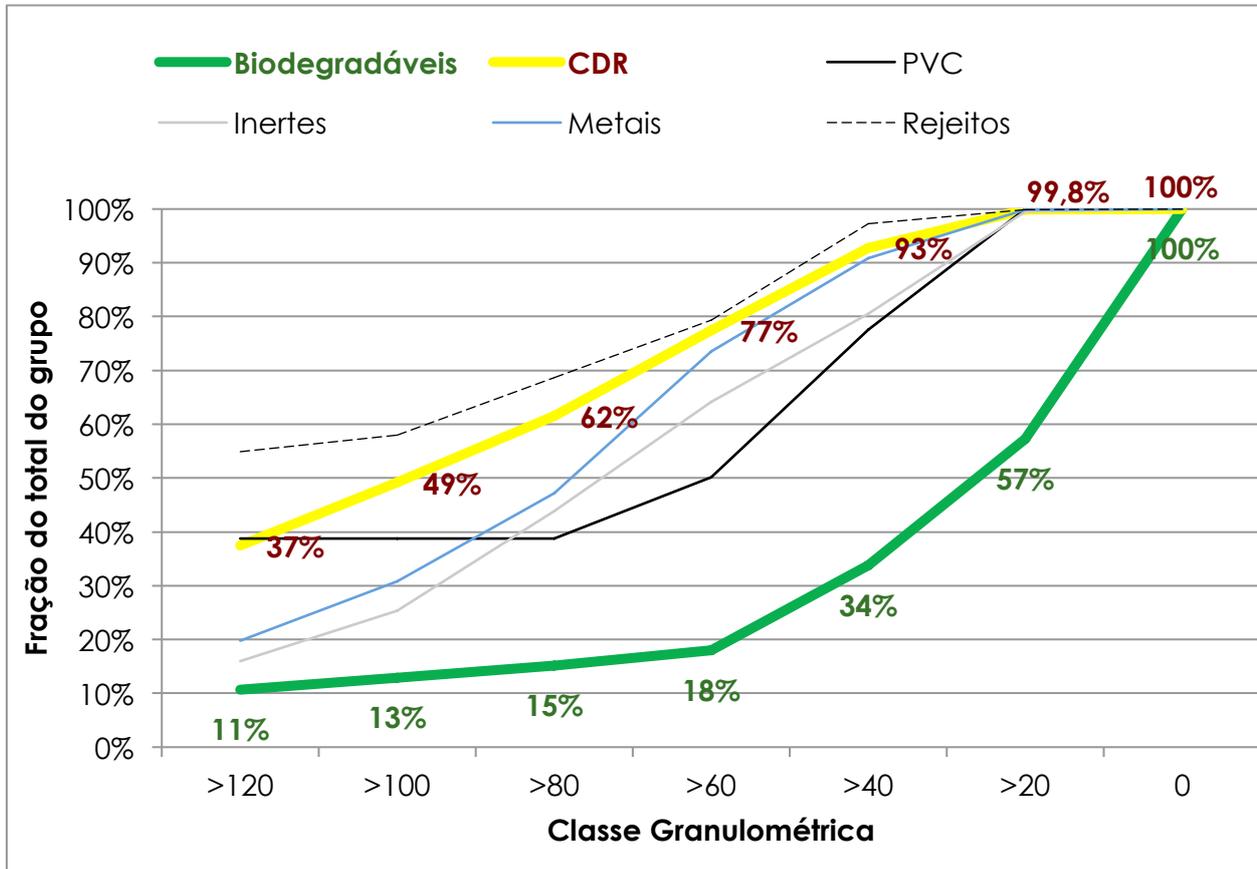
Esta concentração também é importante para orientar a proposta técnica de pré-tratamento: uma primeira etapa de separação granulométrica do resíduo bruto em torno de 60 a 80 mm, permite separar a maior parte do material com alto potencial e encaminhá-lo para a produção de um CDR de alta qualidade num processo de menor complexidade, apenas empregando meios mecânicos.

Esta primeira etapa de separação granulométrica também leva a uma redução no volume de material que potencialmente será processado por bio-secagem. Esta redução tem um impacto positivo no projeto de produção de CDR, já que a instalação necessária será menor, reduzindo o custo de investimento. Também vale a pena notar que uma segunda etapa de pré-tratamento como a bio-secagem pode ser instalada em uma fase posterior do projeto.

A Figura 3-4 mostra teoricamente o resultado desta separação. Nesta figura calculamos a porcentagem do total de material em cada grupo retida em uma malha, o que equivale a peneirar teoricamente o resíduo bruto. Por exemplo, peneirando o resíduo bruto com malha de 80 mm, obtemos uma fração > 60 mm na qual se encontra 77 % de todo o material com alto potencial para produção de CDR mas somente 18 %

de todos os materiais biodegradáveis. O interesse nesta fração > 60 mm será o PCI melhor do que àquele do resíduo bruto, já que se reduziu a quantidade relativa de biodegradáveis ali presentes e que em geral acarretam a maior parte da umidade.

**Figura 3-4 – Peneira teórica por grupo CDR**



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

### 3.1.2.2 POTENCIALIDADE ANALÍTICA

Continuando a análise do potencial de geração de CDR, partiremos da hipótese que o RSU bruto será separado na primeira etapa de tratamento em uma fração maior que 80 mm e outra menor do que este tamanho.

Diversas análises foram efetuadas de acordo com esta hipótese nas frações granulométricas RSU bruto, na fração menor que 80 mm (< 80 mm) e nas frações menores do que 40 mm (< 40 mm e < 20 mm). Na Tabela 3-2 abaixo estão firmadas as especificações analíticas da cimenteira. Os parâmetros analisados estão indicados na Tabela 3-3 abaixo, bem como os quesitos de qualidade fornecidos pelo contratante para a aceitação do resíduo em uma cimenteira.



Tabela 3-2 – Especificações para recebimento e controle de CDR

ESPECIFICAÇÕES PARA RECEBIMENTO E CONTROLE DE CDR						
Revisão MARÇO/2015						
Parâmetros		Unidade	CDR Queimador Principal		CDR Pré-Calcinador	
<b>AMOSTRAGEM POR MALHA DE PENEIRAMENTO</b>						
☀	Poder Calorífico Superior (PCS)	kcal/Kg	≥	5.000	≥	4.500
☀	Poder Calorífico Inferior (PCI)	kcal/Kg	≥	4.000	≥	3.000
☀	Umidade	%		5,0 - 20,0	≤	25,0
	Sólidos totais					
	Sólidos voláteis totais					
☀	Cinzas [Sólidos Totais, em Res. Líquid	%		15	≤	20,0
☀	S	%	≤	1,2	≤	1,2
	Carbono					
	Nitrogenio					
	Hidrogenio					
☀	Cloreto (Cl <sup>-</sup> )	%	≤	0,5	≤	0,5
<b>AMOSTRAGEM BRUTA</b>						
	Cádmio (Cd)	mg/kg		-		-
☀	Mercúrio (Hg)	mg/kg	≤	10,0	≤	10,0
	Tálio (Tl)	mg/kg		-		-
	Arsênio (As)	mg/kg		-		-
	Cobalto (Co)	mg/kg		-		-
	Níquel (Ni)	mg/kg		-		-
☀	Selênio (Se)	mg/kg	≤	100	≤	100
	Telúrio (Te)	mg/kg		-		-
	Antimônio (Sb)	mg/kg		-		-
☀	Cromo (Cr)	mg/kg	≤	3.000	≤	3.000
	Estanho (Sn)	mg/kg		-		-
☀	Chumbo (Pb)	mg/kg	≤	3.000	≤	3.000
	Vanádio (V)	mg/kg		-		-
☀	Bário (Ba)	mg/kg	≤	3.000	≤	3.000
☀	Cobre (Cu) **	mg/kg	≤	3.000	≤	3.000
☀	Manganês (Mn)	mg/kg	≤	10.000	≤	10.000
☀	Cianetos (CN <sup>-</sup> )	mg/kg	≤	100	≤	100
☀	Zinco (Zn) **	mg/kg	≤	3.000	≤	3.000
☀	Bérblio (Be)	mg/kg	≤	100	≤	100
☀	Critério de Aceitação					
☀	Limites estipulados					
*	Limite de Detecção ≤ 100 µg					
**	Limitado aos resultados do Teste de Queima					

Fonte: Contratante, 2015.

O teor de água foi determinada usando amostras das rotas 5, 10, 12 e 15. Os metais pesados foram determinados usando amostras das rotas 5, 10 e 15. Não foram analisados o PCI e PCS (veja Tabela 3-3).

**Tabela 3-3 – Parâmetros analisados**

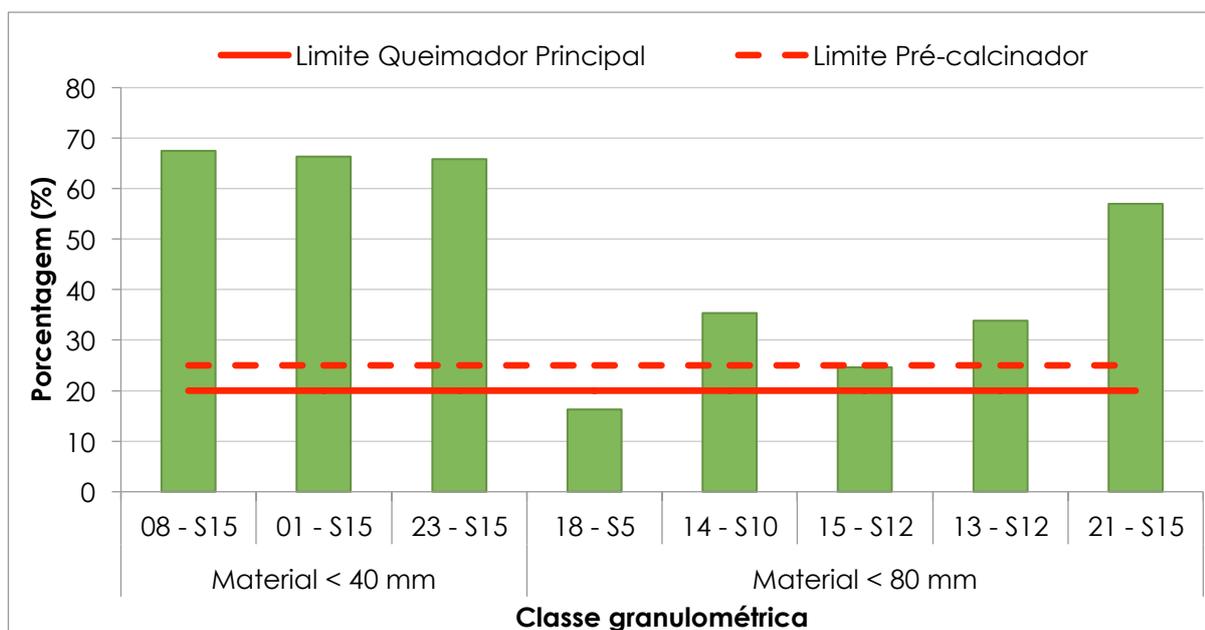
Parâmetros	Unidade	Setor/Rota
Teor de Água	%WS	5, 10, 12 e 15
Perda por Ignição	%	12 e 15
Arsênio	mg/kg	5, 10 e 15
Cádmio	mg/kg	5, 10 e 15
Chumbo	mg/kg	5, 10 e 15
Cromo	mg/kg	5, 10 e 15
Mercúrio	mg/kg	5, 10 e 15
Níquel	mg/kg	5, 10 e 15
Selênio	mg/kg	5, 10 e 15
Cobre	mg/kg	5, 10 e 15
Zinco	mg/kg	5, 10 e 15
Ítrio	mg/kg	5, 10 e 15

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

### 3.1.2.3 UMIDADE

A Figura 3-5 abaixo mostra a umidade analisada nas classes granulométricas de < 80 mm e < 40 mm. O efeito da separação por peneiramento é visível neste parâmetro, sendo que a umidade da fração < 80 mm é significativamente menor do que a presente no RSU bruto com um máximo de 30 %.

**Figura 3-5 – Umidade nas frações granulométricas**



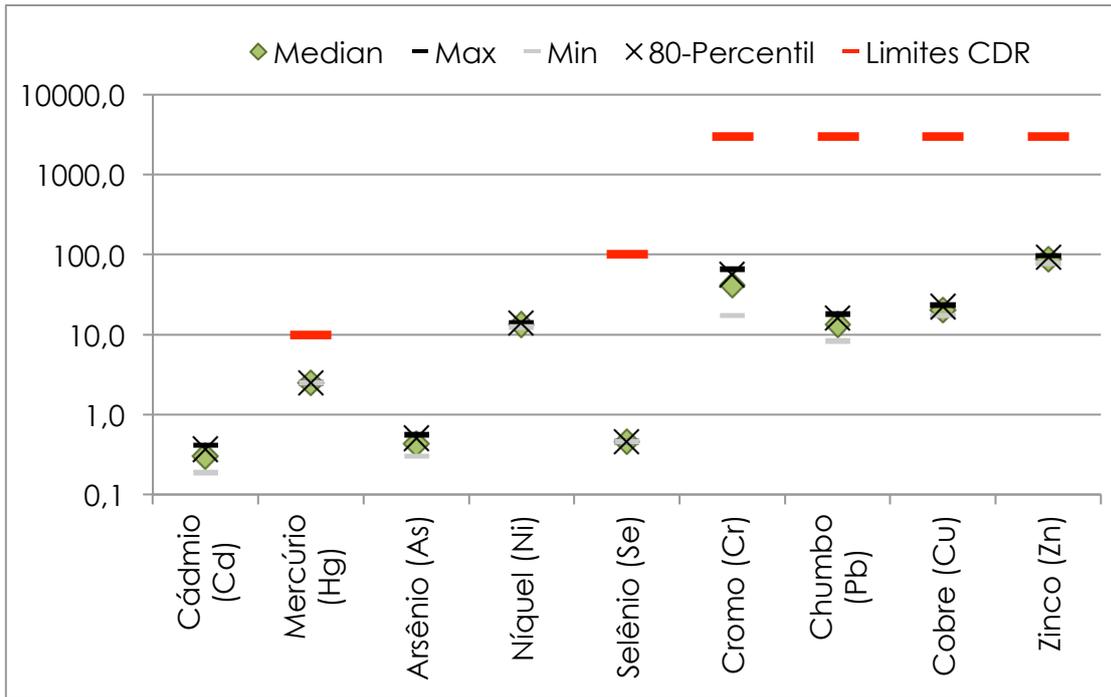
Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

#### 3.1.2.4 METAIS PESADOS

Como mostra a Tabela 3-3, levantamos neste projeto uma base de dados sobre o teor de metais pesados nas frações granulométricas que convém comentar em detalhe. As figuras a seguir (Figura 3-6 e Figura 3-7) mostram os resultados. No momento não existem limites dos elementos Cádmio, Arsênio e Níquel, porém há uma sugestão no mercado de CDR para um limite de 50 mg/kg de Cádmio.

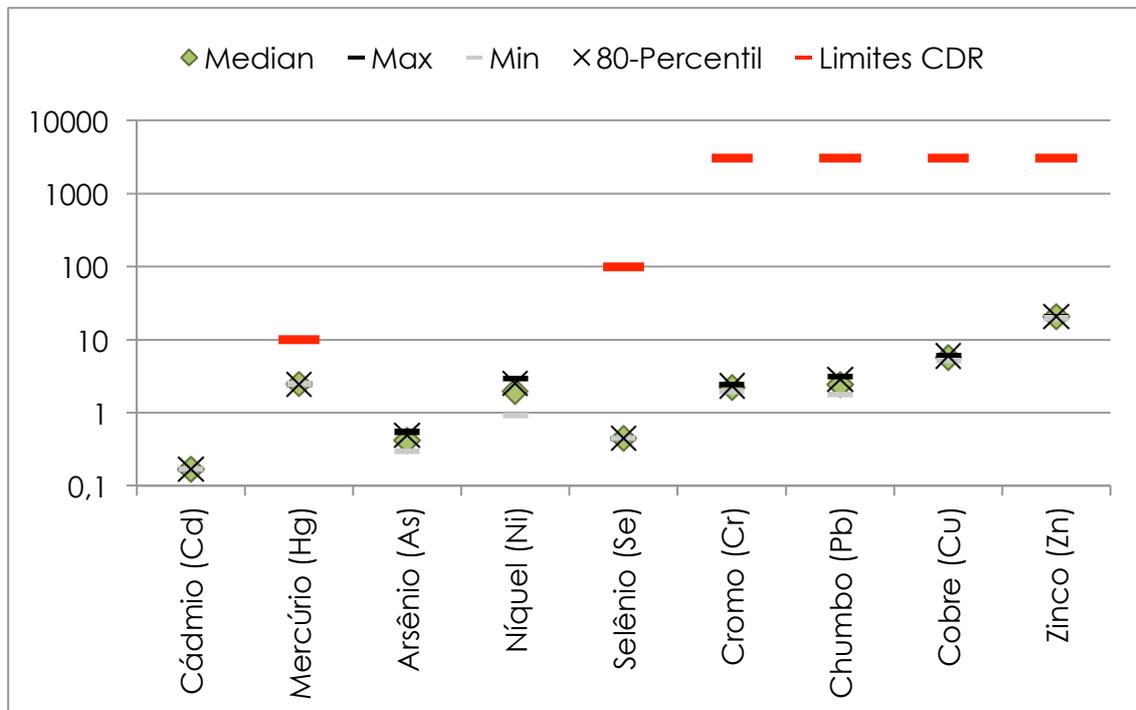
Em primeiro lugar cabe chamar a atenção ao fato de termos resultados que são em geral uma ordem de grandeza menores do que os limites de detecção. Assim sendo, as frações granulométricas < 80 mm e < 40 mm são aceitáveis como CDR em cimenteira.

**Figura 3-6 – Metais pesados na fração < 80 mm**



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

**Figura 3-7 – Metais pesados na fração < 40 mm**



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.



### 3.1.3 CONCLUSÃO SOBRE O POTENCIAL DE CDR

O RSD de Ubatuba tem alto potencial para a produção de CDR. Como observado na análise dos resultados da gravimetria, este potencial se encontra principalmente nas frações maiores do que 60 mm. Além disso, do ponto de vista da qualidade, as análises realizadas em laboratório apontam para um material conforme aos quesitos para CDR em uma cimenteira. Apesar dos positivos resultados, temos a limitação para escoar o CDR ao mercado, não havendo em um raio de 200 km nenhuma cimenteira apta à substituir sua fonte primária de energia por esta fonte alternativa. Caso em momento futuro, grandes operadores como a PETROBRAS resolver implementar uma planta de força, pode-se apresentar de antemão que os resíduos de Ubatuba terão características para suprir as futuras demandas por combustíveis alternativos.

## 3.2 ANÁLISE DO POTENCIAL DE GERAÇÃO DE COMPOSTO

### 3.2.1 INTRODUÇÃO

Após a apresentação da potencialidade de utilização das maiores classes granulométricas (> 60 mm) como CDR e não havendo aplicabilidade das frações orgânicas na forma de biomassa, temos como alternativa seu emprego como composto, porém neste caso deve-se avaliar sua adequação no que se refere a concentração de metais pesados.

As avaliações de metais pesados são justificadas pelos seguintes aspectos:

-  Análise da qualidade do composto;
-  Análise da presença de metais pesados em diferentes grãos e sua influência na qualidade do produto através do emprego de tecnologias de tratamento apropriadas;
-  Geração de dados-base para o planejamento do conceito tecnológico e avaliação de mercado e plano de comunicação.

As análises dos resíduos sólidos domiciliares para compostagem tomaram como base os Anexos III e V – Especificações dos Fertilizantes Orgânicos Mistos e Compostos, Limites máximos de contaminantes admitidos em substrato para plantas e condicionadores de solo e Limites máximos de contaminantes admitidos em fertilizantes orgânicos - IN nº 25, de 23 de julho de 2009, e nº 27, de 05 de junho de 2006, e são apresentados nas tabelas Tabela 3-4 e Tabela 3-5.

Os resíduos de origem domiciliar são classificados como Classe C, que são definidos conforme o Art. 6 como produtos que em sua fabricação utilizam qualquer quantidade de matéria-prima oriunda de resíduo domiciliar, resultando em produto de utilização segura na agricultura.

As análises laboratoriais foram realizadas segundo os seguintes parâmetros: umidade e metais pesados. Os outros parâmetros firmados na instrução normativa e apresentados nas tabelas em seguida não foram analisados neste projeto, até porque estes valores limitadores são aplicados para o produto acabado e estão sendo empregados neste relatório como balizadores de uma tomada de decisão tecnológica, remetendo a novas verificações de adequação quando da geração do subproduto.

**Tabela 3-4 - Anexo III - Especificações dos Fertilizantes Orgânicos Mistos e Compostos**

Garantia	Misto/Composto				Vermicomposto
	Classe A	Classe B	Classe C	Classe D	Classes A, B, C, D
Umidade (máx.)	50	50	50	70	50
N total (mín.)	0,5				
*Carbono Orgânico (mín.)	15 %				10
*CTC <sup>(1)</sup>	Conforme declarado				
pH (mín.)	6,0	6,0	6,5	6,0	6,0
Relação C/N (máx.)	20				14
*Relação CTC/C <sup>(1)</sup>	Conforme declarado				
Outros nutrientes	Conforme declarado				

<sup>(1)</sup> É obrigatória a declaração no processo de registro do produto

\*(valores expressos em base seca, umidade determinada a 65 °C)

Fonte: IN nº 25, de 23 de julho de 2009.

**Tabela 3-5 - Anexo V - Limites máximos de contaminantes admitidos em fertilizantes orgânico**

Contaminante	Valor máximo admitido
Arsênio (mg/kg)	20,00
Cádmio (mg/kg)	3,00
Chumbo (mg/kg)	150,00
Cromo (mg/kg)	200,00
Mercúrio (mg/kg)	1,0
Níquel (mg/kg)	70,00
Selênio (mg/kg)	80,00
Coliformes termotolerantes – número mais provável por grama de matéria seca (NMP/g de MS)	1.000,00
Ovos viáveis de helmintos – número por quatro gramas de sólidos totais (nº em 4g ST)	1,00
<i>Salmonella</i> sp	Ausência em 10 g de matéria seca

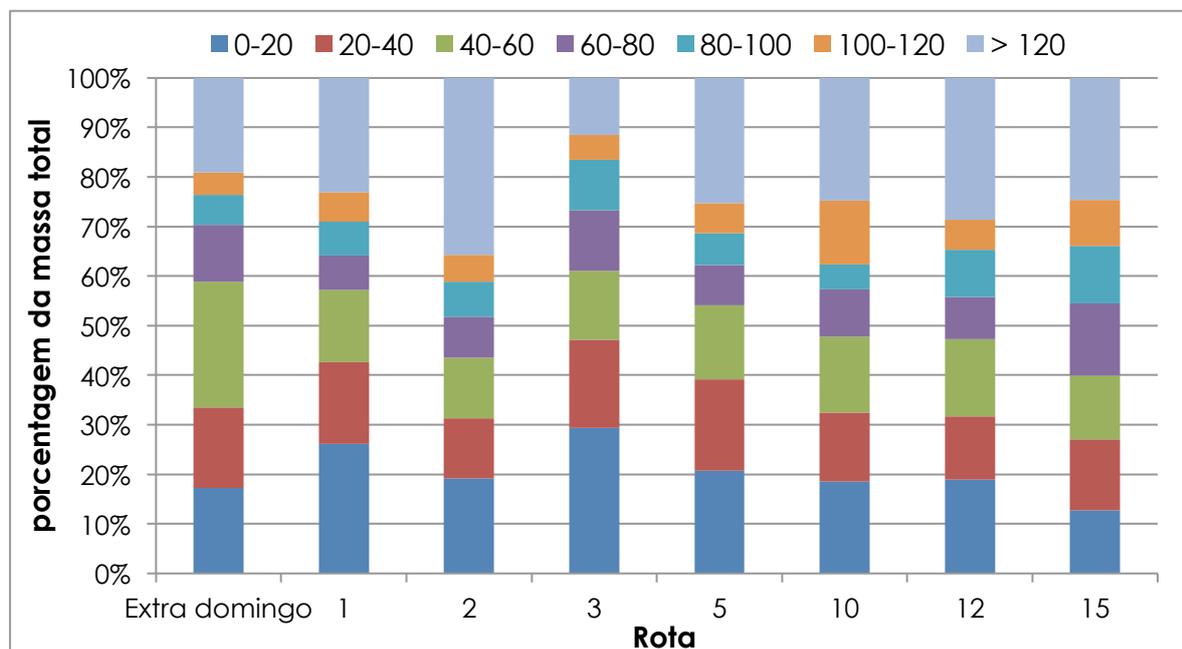
Fonte: IN nº 27, de 05 de junho de 2006.

### 3.2.2 ANÁLISE QUANTITATIVA E QUALITATIVA

#### 3.2.2.1 POTENCIALIDADE GRAVIMÉTRICA E GRANULOMÉTRICA

Na parte 1 deste relatório já foram apresentados os resultados da gravimetria e granulometria, portanto este capítulo somente inclui um resumo com um foco nas menores classes analisadas para o emprego do material como composto. O gráfico na Figura 3-8 apresenta a porcentagem acumulativa por classe granulométrica e por rota, confirmando a maior presença (aproximadamente 70 %) de material nas classes menores do que 60 mm.

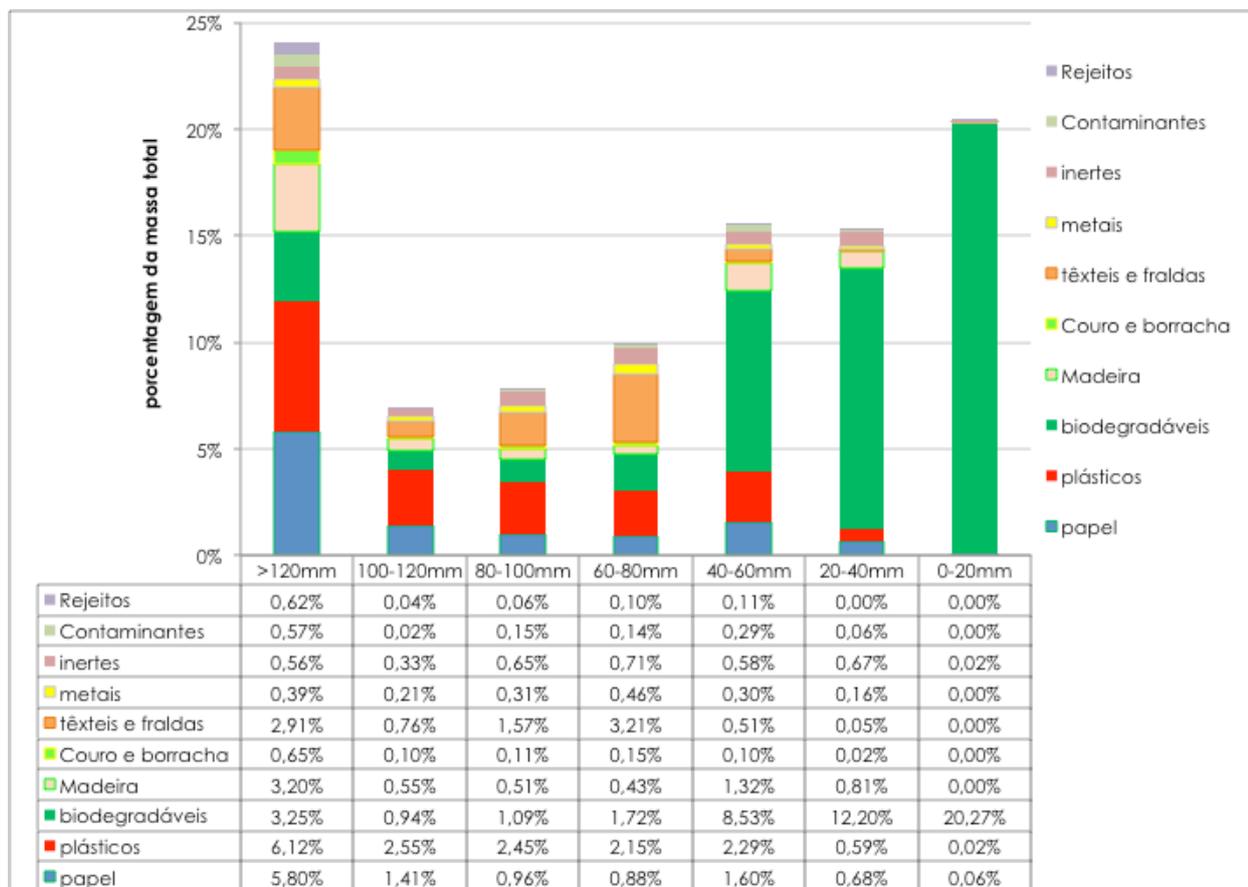
Figura 3-8 – Caracterização granulométrica por rota



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Além disso, a composição gravimétrica por classe granulométrica na Figura 3-9 indica a proporção elevada das frações biodegradáveis (em média 15 %) nas menores classes (< 40 mm).

**Figura 3-9 – Caracterização por Granulometria**

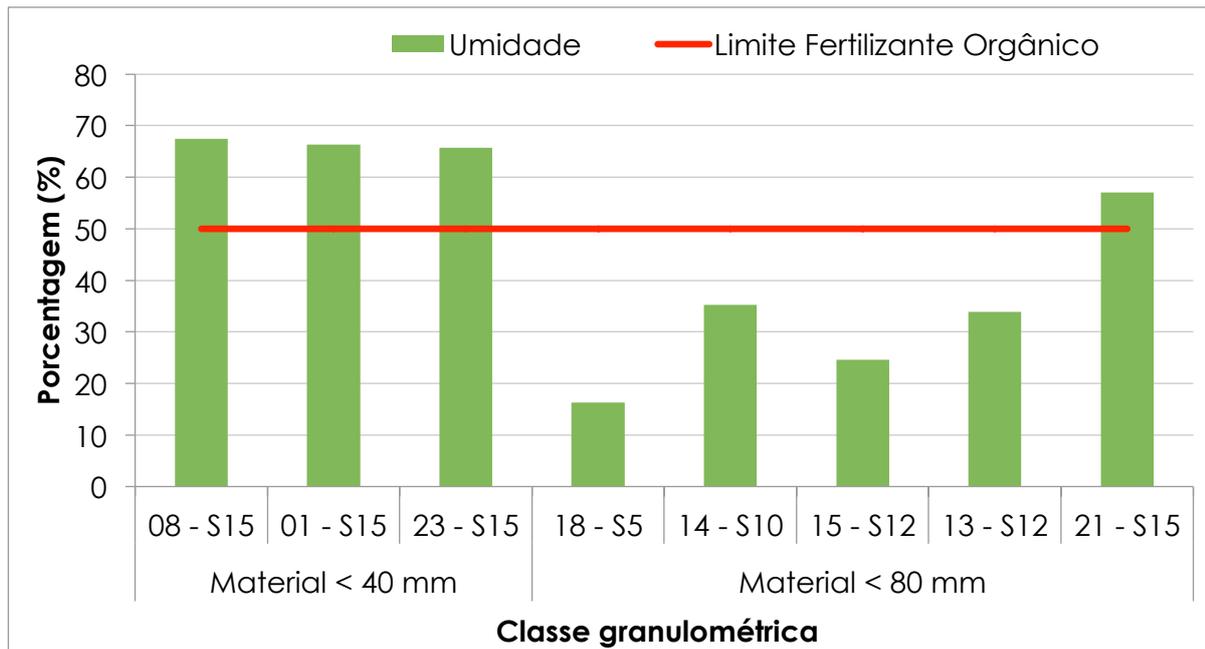


Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

### 3.2.2.2 UMIDADE

As especificações dos Fertilizantes Orgânicos Mistos e Compostos demandam um limite máximo de 50 % de umidade nas frações tratadas dos resíduos para fertilizantes orgânicos mistos e compostos. Tendo em conta que aqui são apresentados os resultados das amostras brutas, é de presumir que depois de tratamento os limites vão ser respeitados, principalmente porque as frações importantes excedem a restrição em no máximo 20 % (veja Figura 3-10).

**Figura 3-10 – Umidade nas frações granulométricas**

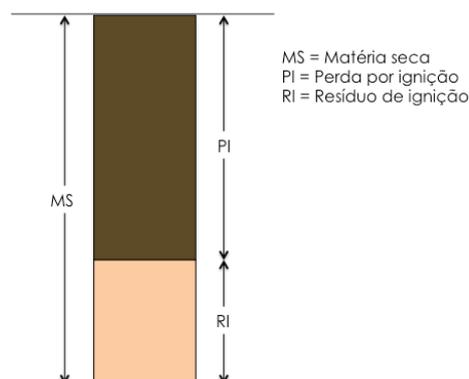


Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

### 3.2.2.3 PERDA POR IGNIÇÃO

A perda por ignição mostra a quantidade de orgânicos e inorgânicos nos resíduos coletados tradicionalmente. O material é aquecido até que os orgânicos queimem e somente as cinzas permaneçam. Tal como é ilustrado na Figura 3-11, a assim chamada perda por ignição (PI) consiste de substâncias orgânicas inflamáveis, onde o resíduo de ignição corresponde a parte de minerais (como por exemplo areia) não inflamáveis.

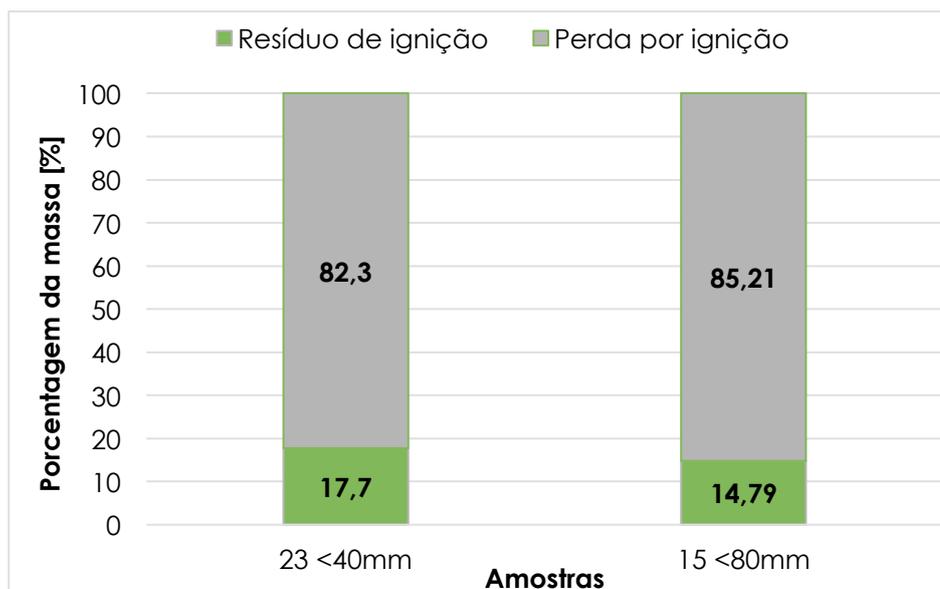
**Figura 3-11 – A definição de matéria seca no laboratório**



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Na Figura 3-12 os resultados das análises realizadas em amostras de duas classes < 40 mm e < 80 mm são apresentados. A perda por ignição está determinada com uma porcentagem de > 82 % na classe de < 40 mm e mais que 85 % nas amostras das classes < 80 mm, significando uma alta porção de orgânicos em ambas as classes. Uma diferença importante de 3 % se encontra quando da análise da presença de minerais nas amostras, significando que as amostras em classes menores detêm mais inorgânicos do que em classes maiores.

**Figura 3-12 – Perda por ignição**



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

#### 3.2.2.4 METAIS PESADOS

Os gráficos presentes nas figuras Figura 3-13 a Figura 3-14 retratam os resultados relacionados ao teor de metais pesados presentes nas amostras, delimitados pelos valores máximos previstos no Anexo IV da IN nº 25 de 2009 do MAPA, apresentados por rota, classe gravimétrica ou granulométrica. Todos os outros possíveis metais pesados foram identificados com valores muito baixos ou abaixo do limite de detecção e por isto não serão avaliados neste relatório. A Tabela 3-6 lista o rol de metais pesados que foram analisados no âmbito deste projeto.

**Tabela 3-6 – Lista de metais pesados analisados**

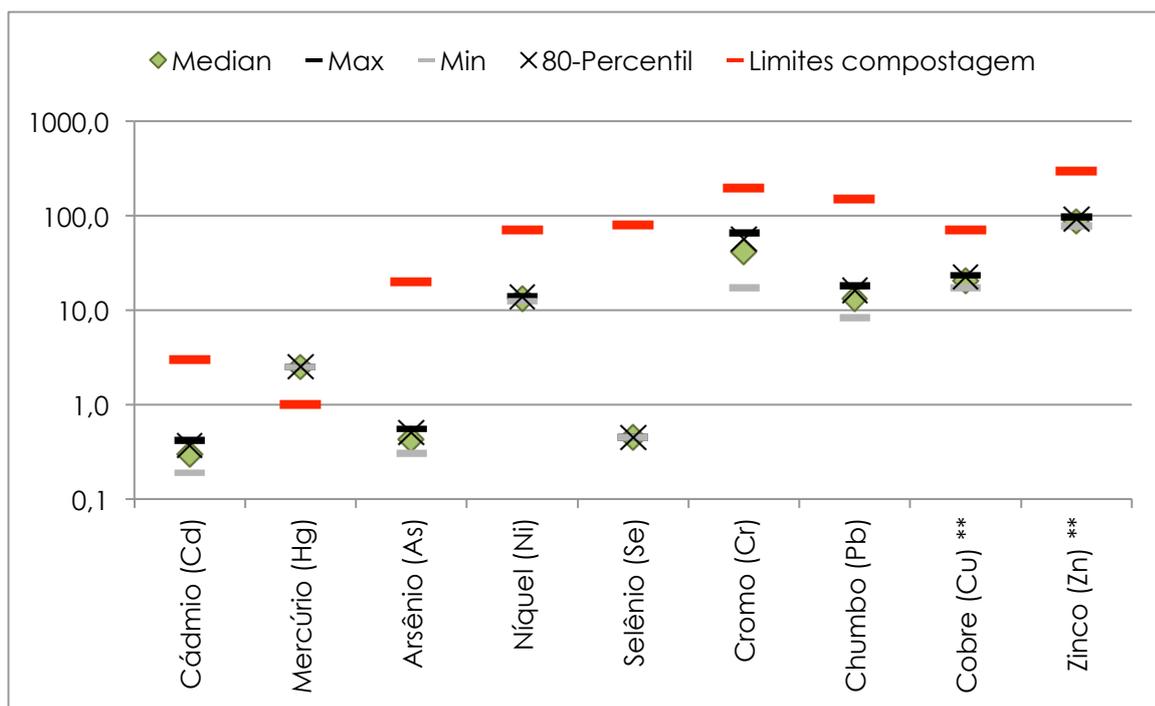
Parâmetros	Unidade
Cádmio (Cd)	mg/kg
Mercúrio (Hg)	mg/kg
Arsênio (As)	mg/kg

Parâmetros	Unidade
Níquel (Ni)	mg/kg
Selênio (Se)	mg/kg
Cromo (Cr)	mg/kg
Chumbo (Pb)	mg/kg
Cobre (Cu)	mg/kg
Zinco (Zn)	mg/kg

Fonte: Contratante, 2015.

Cabe mencionar também que em todas as análises do Mercúrio, elemento sujeito à um limite particularmente restrito de 1 mg/kg, nunca foi observado acima do limite mínimo de detecção, qual neste caso é 5 mg/kg. Portanto, para fins de avaliação foi assumida a metade deste limite nos gráficos em seguida.

Figura 3-13 – Metais pesados na fração < 80 mm



\*\* Limites da Alemanha

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

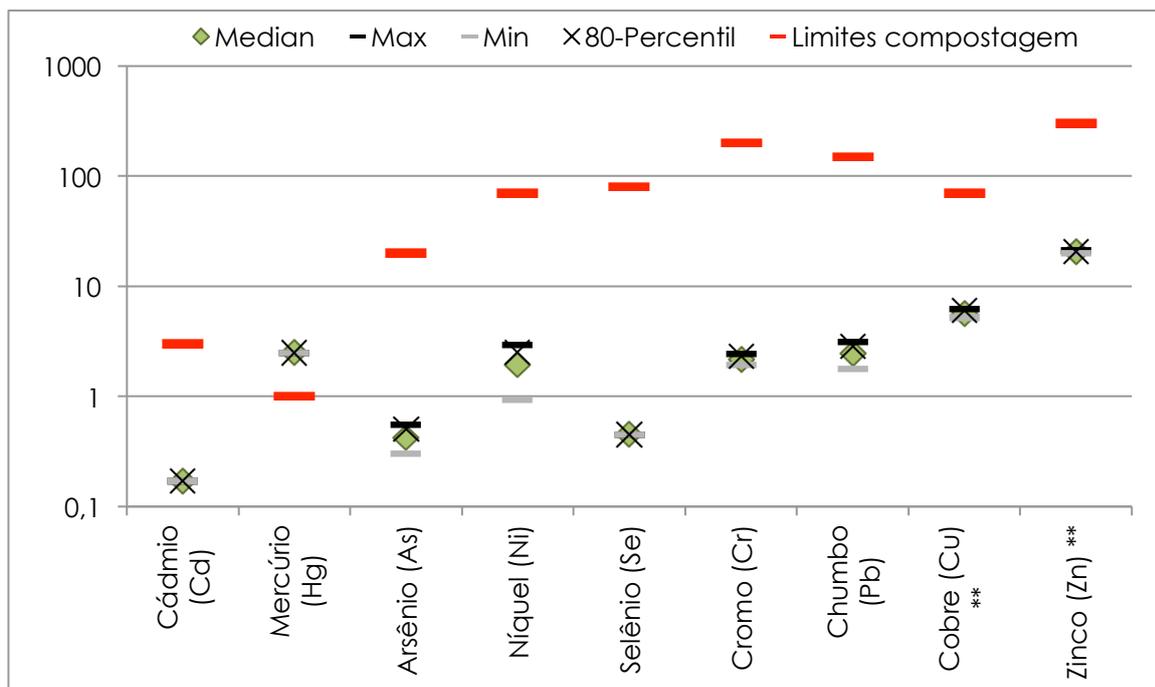
Em suma, o resultado da análise de metais pesados nas amostras de Ubatuba mostra que foram atendidos os limites estabelecidos para fertilizante orgânico. No laboratório o valor de Mercúrio foi abaixo do limite de quantificação de < 5,0 mg/kg e

portanto somente foi avaliado na metade com 2,5 mg/kg. Os demais parâmetros atingiram valores significativamente abaixo dos limites, isto também vale para o Cobre e Zinco.

No que diz respeito a presença de metais pesados temos que nas frações 60-80 mm e também 20-40 mm não foram identificados comprometimento das massas em decorrência deste contaminantes, resultando em alto potencial de seu emprego como composto.

Estas frações representam respectivamente em média entre 10 % e 15 % do RSU bruto, permitindo que uma parte significativa possa ser transformada em composto e as frações restantes serão enquadradas como frações orgânicas estabilizadas biologicamente resultando em menores cargas orgânicas nas emissões líquidas, menores emissões de biogás, menores recalques quando de seu aterramento e maiores densidades de compactação, melhorando a vida útil dos aterros e seu padrão ambiental.

**Figura 3-14 – Metais pesados na fração < 40 mm**



\*\* Limites da Alemanha

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

### 3.2.3 CONCLUSÃO SOBRE O POTENCIAL DE COMPOSTO

Após avaliação dos resultados analíticos podemos firmar uma série de observações, tais como:

- ♻️ Há grande potencial para emprego dos resíduos orgânicos de origem domiciliar na forma de composto, segundo normativa vigente;
- ♻️ Apesar das frações orgânicas sobressaírem nos grãos < 60 mm ainda há presença de frações secas tais como, plásticos, têxteis, madeiras, entre outras frações, representando cerca de 5-7 % da massa, aproximadamente 2.400 t/a. Esta presença de contaminantes pressupõe um peneiramento eficiente ao término da estabilização biológica para fins de geração de frações menores onde os grãos poderão variar entre 10 e 20 mm, e desta forma afastar estes contaminantes.
- ♻️ As frações < 40 mm e < 60 mm detêm forte potencial de biodegradabilidade aprox. 32,5 % ou 41 %, respectivamente 13.000 t/a ou 16.400 t/a, devendo ser segregadas e encaminhadas diretamente para o tratamento aeróbio.
- ♻️ As frações estabilizadas poderão ser empregadas como condicionadores de solo ou mesmo como fertilizante orgânico em dimensões entre  $0 < x < 20$  mm, isto representa uma massa equivalente a 35 % do total estabilizado.
- ♻️ Dependendo do tipo de tecnologia aeróbia empregada e do potencial de biodegradabilidade do substrato a perda de massa, decorrente da perda de umidade e da própria decomposição das substâncias orgânicas, variará entre 20-50 % do peso total de massa orgânica.
- ♻️ Apesar da legislação vigente não definir parâmetros específicos de higienização, quando tratamos de resíduos domiciliares temos firmado na Europa padrões de higienização que relacionam tempo de retenção com uma temperatura equivalente, quais sejam: em sistemas abertos 55 °C durante 14 dias ou 65 °C durante 3 dias e em sistemas fechados 60 °C durante 3 dias.

Em conclusão, com base na norma vigente temos que as análises laboratoriais demonstraram grande potencial de geração de composto com alta qualidade a partir de RSD do Município de Ubatuba. Desta forma, apesar de sua origem mista, quando do emprego de tecnologia adequada de tratamento mecânico será possível não apenas reduzir a massa destinada aos aterros, mas também melhorar seu padrão de qualidade ambiental para fins de compostagem.

### **3.3 ANÁLISE DO POTENCIAL DE GERAÇÃO DE REICLÁVEIS**

#### **3.3.1 INTRODUÇÃO**

A base de uma geração e aproveitamento eficiente de materiais recicláveis é a implementação e/ou otimização da coleta seletiva, até porque os materiais detêm baixo potencial de contaminação, simplificando as intervenções mecânicas e garantindo maior qualidade aos subprodutos, portanto potencializando sua aceitação pelo mercado.



Entretanto, durante os últimos anos temos vivenciado uma estagnação na taxa de desvio dos materiais onde o retorno à cadeia produtiva em média nacional dos resíduos triados seletivamente não alcança sequer 2 %, segundo ABRELPE, e cidades com históricos consolidados de coleta seletiva, como Florianópolis que teve seu projeto piloto implementado em 1983, também não avançam no sentido de melhorar estes índices.

Com base nestas considerações podemos eleger duas verdades absolutas:

- a)** Resíduos coletados seletivamente alcançam maior valor agregado no mercado a partir de sistemas simplificados de triagem, entretanto a escala de produção é limitada.
- b)** Resíduos coletados de forma mista terão menor valor de comercialização, maior complexidade tecnológica para segregação, porém maiores taxas de desvio.

Considerando que a coleta seletiva realizada pela Prefeitura Municipal de Ubatuba, alcança índices de comercialização de recicláveis na ordem de 0,4 % em relação ao RSD gerado no município, com taxas de rejeitos em torno de 40-60 %, entendemos que há potencial de otimização tanto da coleta a partir de programas de sensibilização da comunidade quanto da triagem a partir da modernização da linha de triagem. Contudo, estas intervenções não irão garantir fluxos de massa mais significativos.

Visando aumentar os índices de reciclagem de materiais é necessário então partir para o aproveitamento das frações de origem mistas onde plantas bem automatizadas poderão alcançar taxas de desvio na ordem de 20 % e plantas menos automatizadas cerca de 8 %, tendo como base de cálculo os 30 % de frações potencialmente recicláveis presentes na coleta tradicional.

No que concerne a inclusão social, temos que o município iniciou no segundo semestre de 2015, 23 de agosto de 2015, um programa de fomento ao cooperativismo onde apoio a formação da ASSOCIAÇÃO DE RECICLAGEM DO COCO VERDE E CATADORES DE MATERIAIS RECICLÁVEIS DE UBATUBA- COCO E CIA (CNPJ: 23.275.919/0001-93) que contempla 15 pessoas para fins de valorização e comercialização dos resíduos recicláveis oriundos da coleta seletiva. A associação é composta por catadores, faxineiras e motoristas de caminhão e recebeu uma permissão ao uso de uma área pública de 500 m<sup>2</sup> do Município com o seguinte equipamento para tratamento de matérias recicláveis: 1 caminhão compactador, 2 prensas e 1 carrinho elevatório.

### 3.3.2 ANÁLISE QUANTITATIVA E QUALITATIVA

A análise de resíduos sólidos deste projeto demonstrou a quantidade e qualidade dos resíduos gerados em Ubatuba. Com base nestes dados foi possível apurar estimativas de rendimentos e valores para os materiais recicláveis decorrentes da coleta tradicional, e desta forma identificados como material misto e ainda àqueles decorrentes da coleta seletiva.

Portanto, com base na média gravimétrica foram desenvolvidas as tabelas Tabela 3-7 a Tabela 3-9 que retratam os rendimentos potenciais de recicláveis gerados a partir de plantas com alta e baixa automatização.

A massa total da coleta tradicional atual de Ubatuba é estimada por 40.000 t/a, do qual nesta análise foi determinada uma porcentagem de 30 % de materiais recicláveis. É por esse motivo que o quantitativo de rendimentos a partir dos recicláveis presentes na coleta indiferenciada está calculado na base 14.000 t/a bem como foi considerado o potencial de rendimento de segregação de cada fração.

A complexidade tecnológica da planta determinará as taxas de desvios, assim plantas mais complexas alcançarão desvios na ordem de 21 % da massa potencialmente reciclável (cerca de 30 % da massa bruta) e com menos automatização cerca de 8,5 %, resultando em massas acumuladas para comercialização, respectivamente, 2.968 t/a e 1.196 t/a.

**Tabela 3-7- Estimativa de rendimento por quantidade de recicláveis em material misto, base alta automatização**

Média gravimétrica	100 % resíduos recicláveis	Peso	> automatização	peso triado	R\$ / t (base 03.2015)	R\$ / a
<b>Quantidade em t por ano</b>	<b>14.000</b>					
<b>Papel</b>	9,40 %	1316	30 %	395	R\$ 70	R\$ 27.636,00
<b>Papelão</b>	20,70 %	2898	35 %	1014	R\$ 290	R\$ 294.147,00
<b>Tetrapak</b>	2,70 %	378	70 %	265	R\$ 200	R\$ 52.920,00
<b>Plásticos</b>	3,70 %	518	30 %	155	R\$ 950	R\$ 147.630,00
<b>PEAD</b>	2,40 %	316	30 %	95	R\$ 1.300	R\$ 123.232,20
<b>PVC</b>	0,90 %	7	30 %	2	R\$ 350	R\$ 696,19
<b>PET</b>	5,00 %	62	30 %	19	R\$ 1.850	R\$ 34.412,55
<b>PET-OLEO</b>	0,40 %	5	30 %	1	R\$ 600	R\$ 811,19
<b>BOPP</b>	2,00 %	21	30 %	6	R\$ 300	R\$ 1.934,73
<b>COLORIDO.PS</b>	23,00 %	5	30 %	1	R\$ 400	R\$ 540,79
<b>BRANCO.PS</b>	6,50 %	15	30 %	4	R\$ 1.000	R\$ 4.413,36
<b>PP</b>	1,70 %	76	30 %	23	R\$ 800	R\$ 18.324,77
<b>Isopor</b>	0,60 %	84	30 %	25	R\$ 500	R\$ 12.600,00
<b>Metais</b>	5,40 %	756	75 %	567	R\$ 320	R\$ 181.440,00
<b>Vidro</b>	8,90 %	1246	25 %	312	R\$ 150	R\$ 46.725,00



Média gravimétrica	100 % resíduos recicláveis	Peso	> automatização	peso triado	R\$ / t (base 03.2015)	R\$ / a
Alumínio	0,50 %	70	75 %	53	R\$ 3.500	R\$ 183.750,00
Cabos	0,30 %	42	75 %	32	R\$ 2.500	R\$ 78.750,00
Rejeitos	6,00 %	840	-	-	-	-
	<b>100 %</b>		<b>21,2 %</b>	<b>2.968</b>		<b>R\$ 1.209.963,78</b>

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Tabela 3-8 - Estimativa de rendimento por quantidade de recicláveis em material misto, base baixa automatização

Média gravimétrica	100 % resíduos recicláveis	Peso	< automatização	peso triado	R\$/t (base 03.2015)	R\$ / a
<b>Quantidade em t por ano</b>	<b>14.000</b>					
Papel	9,40 %	1316	7,5 %	98	R\$ 70	R\$ 6.909,00
Papelão	20,70 %	2898	8,75 %	253	R\$ 290	R\$ 73.536,75
Tetrapak	2,70 %	378	17,5 %	66	R\$ 200	R\$ 13.230,00
Plásticos	3,70 %	518	17,5	90,7	R\$ 950	R\$ 86.117,50
PEAD	2,40 %	336	8 %	25	R\$ 1.300	R\$ 32.760,00
PVC	0,90 %	126	8 %	9	R\$ 350	R\$ 3.307,50
PET	5,00 %	700	8 %	52	R\$ 1.850	R\$ 97.125,00
PET-OLEO	0,40 %	56	8 %	4	R\$ 600	R\$ 2.520,00
BOPP	2,00 %	280	8 %	21	R\$ 300	R\$ 6.300,00
COLORIDO.PS	23,00 %	3220	8 %	241	R\$ 400	R\$ 96.600,00
BRANCO.PS	6,50 %	910	8 %	68	R\$ 1.000	R\$ 68.250,00
PP	1,70 %	238	8 %	17	R\$ 800	R\$ 14.280,00
Isopor	0,60 %	84	8 %	6	R\$ 500	R\$ 3.150,00
Metais	5,40 %	756	18,75 %	141	R\$ 320	R\$ 45.360,00
Vidro	8,90 %	1246	6,25 %	77	R\$ 150	R\$ 11.681,25
Alumínio	0,50 %	70	18,75 %	13	R\$ 3.500	R\$ 45.937,50
Cabos	0,30 %	42	18,75 %	7	R\$ 2.500	R\$ 19.687,50
Rejeitos	6,00 %	840	-	-	-	-
	<b>100 %</b>		<b>8,54 %</b>	<b>1.196</b>		<b>R\$ 626.752,00</b>

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

A coleta seletiva em Ubatuba é realizada 5 vezes por semana totalizando uma coleta média de 1 tonelada diária, abrangendo 28 dos 50 bairros no município (bairros, praias e vilas), dos quais temos uma porcentagem variando entre 40-60 % de rejei-



tos. Considerando que este potencial de coleta é extremamente baixo, torna-se um desafio importante prover otimização e melhoramento da coleta seletiva. Desta forma, propomos a ampliação do programa para que se obtenha entre 8-10 t/d, resultando assim uma base mínima de recicláveis para processamento captados de forma diferenciada na ordem de 2.000 toneladas anuais, ou 8 toneladas diárias. Esse valor apesar de muito superior ao praticado atualmente é de possível realização, principalmente quando tomamos como base a geração de resíduos captados pela coleta tradicional na ordem de 90-170 t/d, dependendo da temporada. Assim, uma geração de recicláveis na ordem de 8 a 10 % da massa mista pode ser estimado certamente (veja Tabela 3-9).

Considerando a integralidade e a pureza dos resíduos coletados seletivamente, temos que mesmo com baixa automatização ainda é possível obter uma eficiência de 49,6 % de triagem e um rendimento de R\$ 490.035,60 na base de 2000 toneladas por ano. Em comparação, o material reciclável da coleta tradicional alcança uma renda similar mas com uma quantidade de material bruto seis vezes maior.

**Tabela 3-9 - Estimativa de rendimento por quantidade de recicláveis da coleta seletiva, base baixa automatização**

Média gravimétrica	100 % resíduos	Peso	< automatização	Peso triado	R\$/t (base 03.2015)	R\$/a
Quantidade em t por ano	2000					
Papel e papelão	26,7 %	534	60 %	320	R\$ 174	R\$ 55.791,29
Tetrapak	1,30 %	26	60 %	25	R\$ 300	R\$ 4.659,58
Plásticos	9,80 %	196	60 %	118	R\$ 1.290	R\$ 152.061,20
Aparas	7,50 %	150	60 %	90	R\$ 900	R\$ 81.112,74
Metais	8,90 %	178	60 %	106	R\$ 1.365	R\$ 145.670,45
Vidro	28,4 %	568	60 %	341	R\$ 150	R\$ 51.150,52
Restos/Rejeitos	17,4 %	348	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>100 %</b>		<b>49,56 %</b>	<b>991,20</b>		<b>R\$ 490.035,60</b>

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

### 3.3.3 CONCLUSÃO SOBRE O POTENCIAL DE REICLÁVEIS

Analisando os valores das tabelas apresentadas, há grande potencial de aproveitamento dos materiais recicláveis, tanto daqueles coletados seletivamente quanto dos coletados de forma mista. Não há como afastar a máxima quanto aos teores de pureza dos materiais coletados seletivamente e em decorrência disto temos uma segregação simplificada e maiores valores de comercialização, entretanto ainda não se



vislumbra em médio prazo um incremento significativo dos resultados da coleta seletiva.

Portanto, entendemos que as investidas na forma de coleta seletiva deverão ter continuidade buscando sempre sensibilizar a comunidade no que diz respeito aos efeitos da mesma. Em contraposição, também não há como afastar a realidade da presença significativa de recicláveis na coleta tradicional, e para captar estes resíduos serão necessárias implementações de plantas de tratamento mecânico mais complexas onde os materiais segregados terão menor valor agregado, porém resultarão em grandes quantidades.

Em relação a inclusão social e considerando que a associação já tem sua formação institucionalizada, atendendo assim as formalidades legais, entendemos como pertinente durante a fase de planejamento a elaboração de um estudo de viabilidade de inclusão desta mão-de-obra no novo sistema de gestão de resíduos, seja atuando exclusivamente com os resíduos oriundos da coleta seletiva seja participando da segregação dos resíduos oriundos da coleta indiferenciada, colaborando na segregação/triagem e/ou comercialização.

### 3.4 ANÁLISE DO POTENCIAL DE GERAÇÃO DE BIOGÁS

#### 3.4.1 INTRODUÇÃO

A geração de biogás, com base de degradação anaeróbia, é realizada sob condições herméticas, produzindo uma redução de biomassa que varia entre 10-30 % dependendo de processo de fermentação seca ou úmida.

Desta forma, diferentes matérias-primas biodegradáveis produzem rendimentos de biogás diferentes e, dependendo da sua composição, um gás com conteúdo de metano variável, como é mostrado na Tabela 3-10 abaixo.

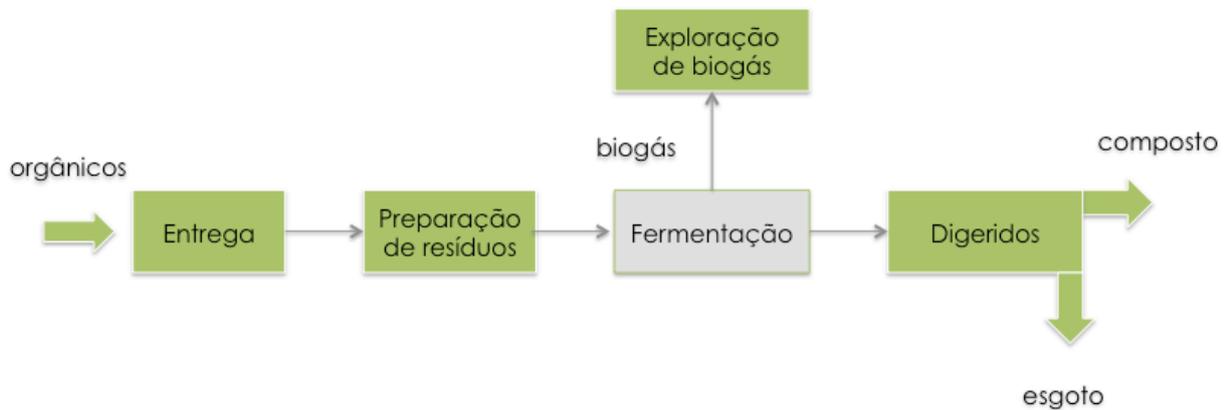
**Tabela 3-10 - Rendimento de gás dependendo da composição de substrato**

Substrato	Rendimento de gás
	m <sup>3</sup> /Mg substrato
Esterco bovino	25
Estrume de porco	36
Beterraba forrageira	95
Silagem de milho	190
Azevém	110
Resíduos de cozinha	240
Gordura usada	800

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

O processo geral de geração de biogás está apresentado na figura 3-15.

**Figura 3-15 - Geral processo de geração de biogás**

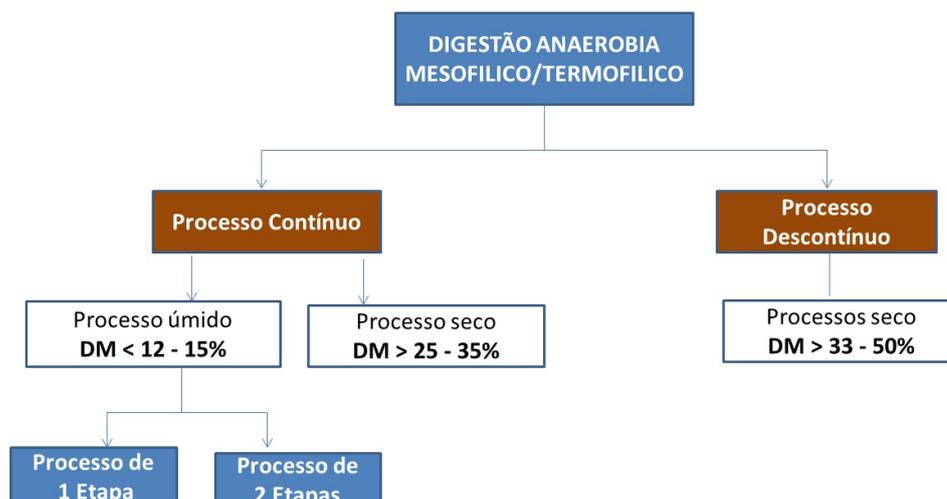


Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

### 3.4.2 ANÁLISE QUANTITATIVA E QUALITATIVA

O processo de uma adequada fermentação segue vários requisitos básicos e fatores influenciadores, como por exemplo substâncias com altas concentrações de metano e portanto melhor qualidade de biogás (Tabela 3-11), a umidade da massa orgânica (ideal > 50 %), um valor de pH entre 6,6-8 e uma temperatura maior de 30 °C. A Figura 3-6 demonstra tecnologias e processos anaeróbios atuais no mercado de fermentação.

**Figura 3-16 - Tecnologias e processos anaeróbios – biodigestão**



Fonte: TU Braunschweig, 2013.

Como a Figura 3-10 nos capítulos anteriores demonstrou, a umidade da massa nas classes < 40 mm alcança valores maiores de 60 %. Ou seja, está de acordo com os processos secos.

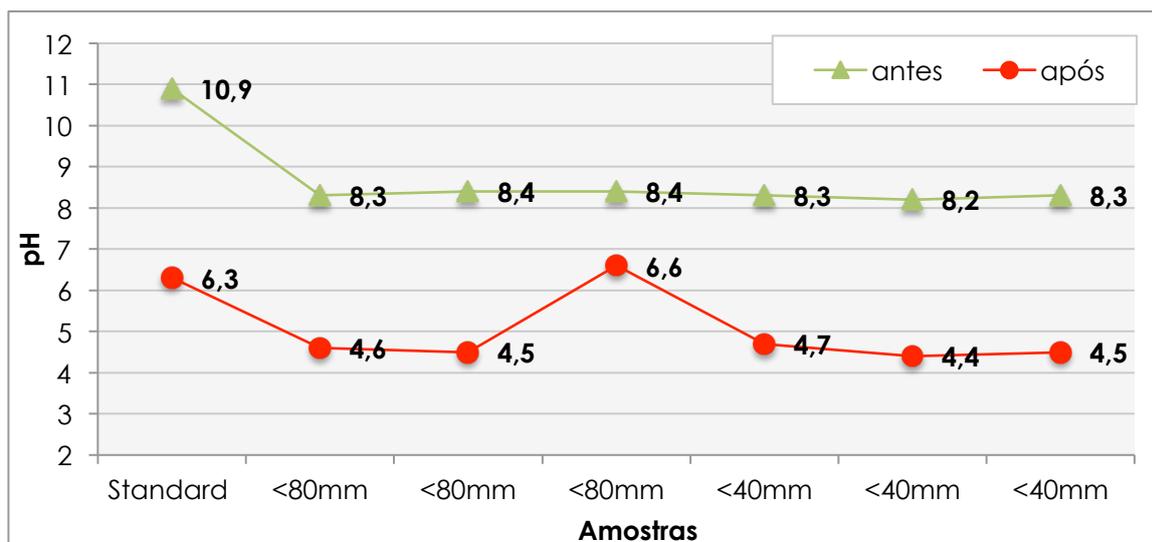
**Tabela 3-11 - Qualidade de biogás dependendo da composição de substrato**

Substâncias	Biogás produção	Concentração de metano	Poder calorífico
	l/kg oTS <sub>zug</sub>	Vol-%	kWh/m <sup>3</sup>
<b>Carboidrato</b>	700 – 830	50 – 55	5,0 – 5,5
<b>Proteína</b>	700 – 900	70 – 75	7,0 – 7,5
<b>Gorduras</b>	1.000 – 1.400	68 – 73	6,8 – 7,3
<b>Resíduos orgânicos</b>	350 – 500	55 – 68	5,5 – 6,8
<b>Recursos renováveis</b>	500 -700	50 – 62	5,0 – 6,2

Fonte: Regulamento de plantas de biogás, 2013.

Os valores de pH ideal são em meio ácido entre 5,2 – 6,3 para o primeiro nível de hidrólise/acidificação e entre 6,7 – 7,5 em segundo nível para uma produção de metano com sucesso. A ffigura 3-17 mostra os resultados obtidos no começo e também após das análises, variando entre ambiente alcalina e ácido até bem ácido ao término dos ensaios. Em comparação com a amostra padrão "Standard", os valores das amostras analisadas são inferiores, porém isto é fato comum e também desejável para a produção de biogás. Não existe uma diferença significativa entre as frações maiores e menores analisadas.

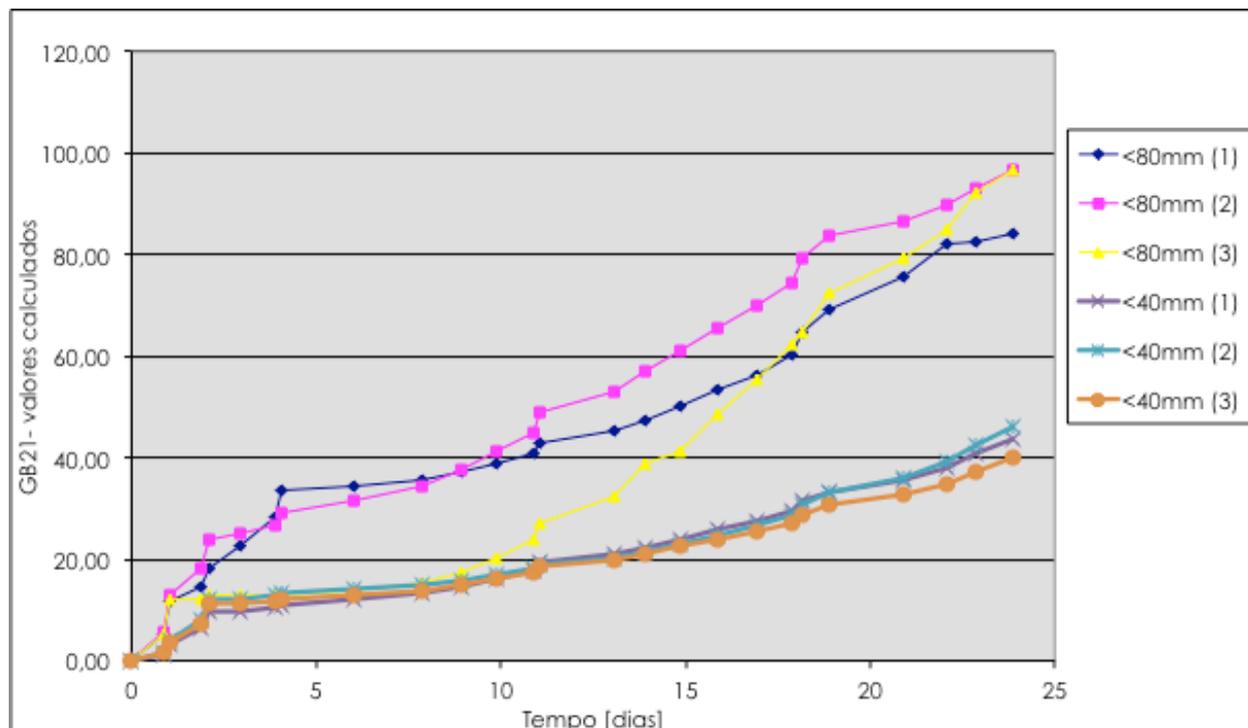
**Figura 3-17 – Resultados de valores pH das amostras no começo e no fim das análises**



Fonte: Laboratório do CREED Jundiaí, 2015.

Analisando os resultados de GB<sub>21</sub> das seis amostras de < 80 mm e < 40 mm, podemos determinar que as frações maiores produzem valores bem superiores do que as amostras das menores frações, alcançando aproximadamente 90 NI/kg MS depois de 21 dias, em que as menores frações somente chegam a aproximadamente 40 NI/kg MS (Figura 3-18).

**Figura 3-18 – Resultados laboratoriais de GB<sub>21</sub>**



Fonte: Laboratório do CREED Jundiaí, 2015.

### 3.5 ANÁLISE DO POTENCIAL DE ESTABILIZAÇÃO

#### 3.5.1 INTRODUÇÃO

Ao contrário da degradação anaeróbica para a produção de biogás, a estabilização aeróbica é baseada na degradação da massa orgânica com um fornecimento de ar e assim uma maior redução de biomassa.

Com o objetivo de reduzir as emissões associadas com a formação de gases e percolados no aterro é necessário uma estabilização aeróbica e/ou anaeróbica dos resíduos a fins de garantir uma baixa atividade biológica na massa destinada ao aterramento. Desta forma, os parâmetros GB<sub>21</sub> e AT<sub>4</sub> foram analisados no laboratório do CREED em Jundiaí, SP. A identificação do teor de matéria orgânica que é micro biologicamente degradável foi determinada, sendo que esta influência a formação de biogás nos aterros.



O GB<sub>21</sub> é um teste de fermentação que define a formação de biogás durante um período de mínimo 21 dias sob condições anaeróbias. Este ensaio é executado na base da norma DIN 38414 com material peneirado e esmagado a < 10 mm e uma temperatura de 35 °C.

No ensaio de AT<sub>4</sub>, um teste de atividade respiratória, o consumo de oxigênio biológico em mínimo de quatro dias é determinado. Geralmente, a amostra úmida é triturado em grãos < 10 mm e a atividade respiratória é medida a uma temperatura de 20 °C.

### 3.5.2 ANÁLISE QUANTITATIVA E QUALITATIVA

Na Alemanha existem normas e regulações bem como limites para o tratamento dos resíduos sólidos urbanos antes do aterramento (veja Tabela 3-12).

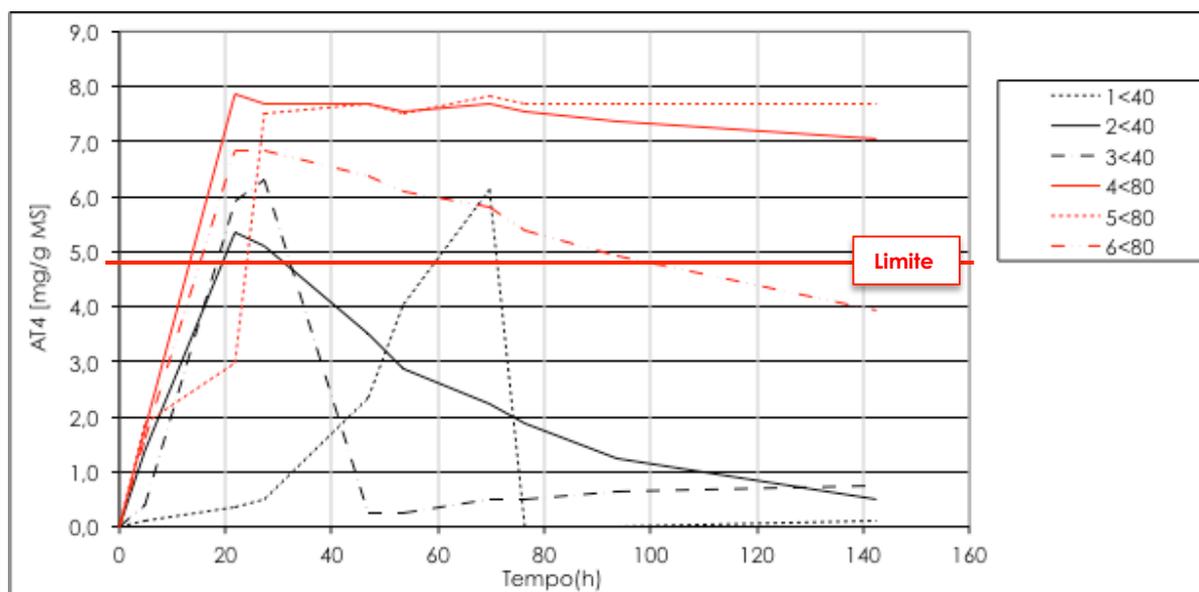
**Tabela 3-12 – Limites de AT<sub>4</sub> e GB<sub>21</sub> no material destinado a aterro**

Parâmetro	Valor limite
AT <sub>4</sub>	5 mg O <sub>2</sub> /g MS
GB <sub>21</sub>	20 NI/kg MS

**Fonte: Regulamento de aterramento de resíduos (Anexo 2 e 4), 2001.**

Em seguida, os resultados da estabilização dos resíduos a partir de um tratamento de TMB para os parâmetros AT<sub>4</sub> e GB<sub>21</sub> são apresentados (Figura 3-19 e Figura 3-20). Em geral, os primeiros valores conforme o limite de 5 mg O<sub>2</sub>/g MS estão alcançados depois de um período de menos de 40 horas das duas menores frações (No. 2 e 3) e depois quase 80 horas da terceira amostra (No. 1). As amostras das maiores frações mostram bem diferentes resultados, com uma grande atividade e produção de oxigênio ainda depois 140 horas, com uma exceção da amostra 6, a qual diminui a atividade depois de aproximadamente 90 horas.

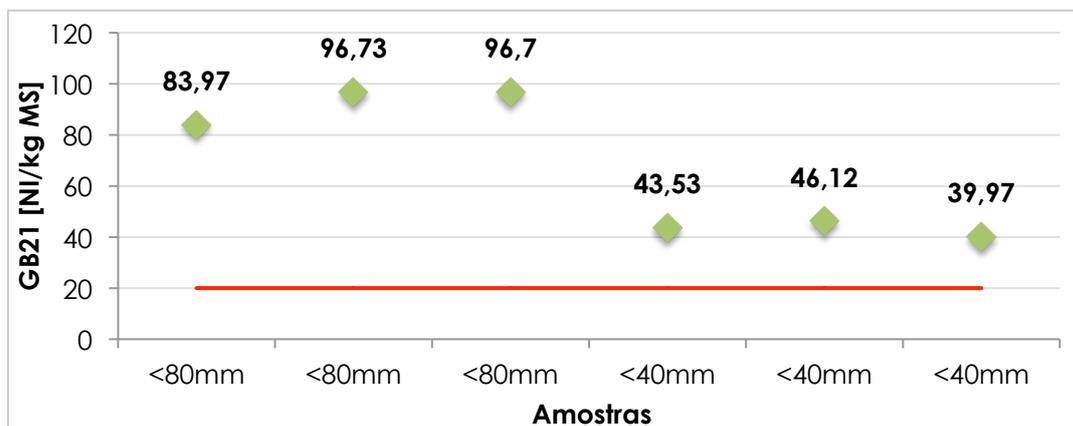
**Figura 3-19 – Resultados laboratoriais de AT<sub>4</sub>**



Fonte: Laboratório do CREED Jundiaí, 2015.

Por final, os valores da análise de GB<sub>21</sub> demonstram uma alta geração de biogás ainda depois de 24 dias particularmente nas frações de < 80 mm, mas mesmo os resultados das menores frações excedem o limite de 20 NI/kg MS para aterramento.

**Figura 3-20 – Resultados de GB<sub>21</sub> em comparação com o limite para aterramento**



Fonte: Laboratório do CREED Jundiaí, 2015.

Esses resultados demonstram a necessidade de tratamento de resíduos antes do aterramento, bem como o importante potencial das frações finas para uma estabilização biológica. Assim são ilustrados os potenciais para as duas técnicas apresentados, de biogás e de estabilização aeróbia. As frações entre 20 – 80 mm são as mais adequadas para a produção de biogás com altos rendimentos, sendo que as frações finas < 20 mm podem ser usadas para geração de composto ou aterramento depois de estabilização.

## 4 Diretrizes Técnicas para o Dimensionamento

Definir uma metodologia de análise tecnológica deverá contemplar aspectos na forma econômica, ambiental e operacional. Estas abordagens permitirão comparar as tecnologias, suas vantagens e fragilidades. Neste trabalho elencaram-se apenas tecnologias de ordem biológicas até porque questões mecânicas são inerentes a qualquer uma das tecnologias escolhidas, por vezes com maior ou menor complexidade, mas de forma geral podemos considerar que as demandas para o ajuste das tecnologias mecânicas decorrerão de forma igualitária quando o intuito do projeto for preparar o material para o tratamento biológico, respectivamente as frações menores que 60 mm.

As tecnologias de ordem biológicas estudadas são aplicadas em meios aeróbios e anaeróbios, voltadas para a recuperação energética e produção de composto e biomassa. A base de análise flutua entre as tecnologias anaeróbias de fermentação, úmida e seca (contínua e descontínua) e a aeróbia (compostagem para produção de adubo ou de biomassa). Estas tecnologias podem ser aplicadas isoladamente, apenas a fermentação ou a compostagem ou na forma de combo tecnológico, introduzindo a tecnologia de fermentação anteriormente ao processo aeróbio.

A matriz tecnológica fundamenta-se no impacto originado das tecnologias e tem como critérios a severidade, abrangência, probabilidade e detecção, avaliando e mensurando assim o potencial de aplicabilidade de cada tecnologia (Tabela 4-1).

**Tabela 4-1 - Formatação da matriz de impactos tecnológicos compilação de resultados**

MATRIZ DE IMPACTOS TECNOLÓGICOS					
Tecnologias	Avaliação			Magnitude	
	ambiental	operacional	econômica	Re	Grandeza do Impacto
Fermentação úmida	55	63	38	156	
Fermentação seca contínua	55	50	31	136	
Fermentação seca descontínua	40	42	28	110	
Reciclagem	18	40	8	66	
Compostagem	58	33	18	109	

Re: Resultado da adição dos fatores (Ambiental+Operacional+Economico)

Desprezível (Re<100):	
Significante (100=<Re<150):	
Importante (Re>=150):	

Fonte: Matriz desenvolvida pela autora com os dados das matrizes anteriores, 2013.



Quando analisamos a matriz proposta temos que as tecnologias de fermentação são as rotas tecnológicas de menor impacto no aspecto ambiental devido ao controle rigoroso de processo que estas tecnologias são submetidas frente às tecnologias de compostagem de ordem menos complexa, em contrapartida as tecnologias de fermentação tem um impacto econômico e operacional mais significativo.

Entre as tecnologias de fermentação temos que a de característica seca descontínua apresenta vantagens tanto na ordem econômica, quanto ambiental e operacional frente às tecnologias de fermentação seca contínua e úmida. Isto se deve ao fato das tecnologias secas descontínuas serem de menor complexidade operacional, ou seja as ações de manutenção preventivas e corretivas são mais fáceis de serem aplicadas e demandam menos assiduidade devido a robustez de seus componentes. Esta menor complexidade também demanda menor capacidade técnica. No que se refere a análise de viabilidade econômica, apesar de produzir uma quantidade 20-30 % inferior de biogás, a fermentação seca descontínua tem menores custos de investimento e de operação, ou seja, a menor geração de receita com a comercialização de biogás é compensada com as menores despesas em energia pela dispensa das ações de prensagens e menores despesas para tratamento de percolados.

Há 7 anos as tecnologias de fermentação úmida não são mais aplicadas na Alemanha para substratos mistos, de origem domiciliar. Muitas plantas tiveram suas operações encerradas e este fato representa uma tendência para as plantas de fermentação da Europa. As tecnologias de fermentação úmida possuem bons resultados a partir de substratos agropecuários e estações de tratamento de esgoto.

Assim optou-se para a definição da rota tecnológica a implementação de planta de tratamento mecânico e biológico, onde a intervenção biológica varia entre a aplicação da fermentação seca descontínua, da compostagem e da reciclagem de materiais.

## 5 Projeto Conceitual

O projeto conceitual será composto de planta de tratamento mecânico-biológico para os resíduos domiciliares, na forma de planta de triagem de recicláveis, planta de compostagem e planta de biodigestão, sendo que esta última será implementada em fase posterior.

A estimativa da necessidade de área operacional para o cenário proposto é na ordem de 14.500 m<sup>2</sup> tomando-se em consideração uma capacidade anual para 40.000 t que evoluirá até 80.000 em 20 anos (veja Tabela 5-1).

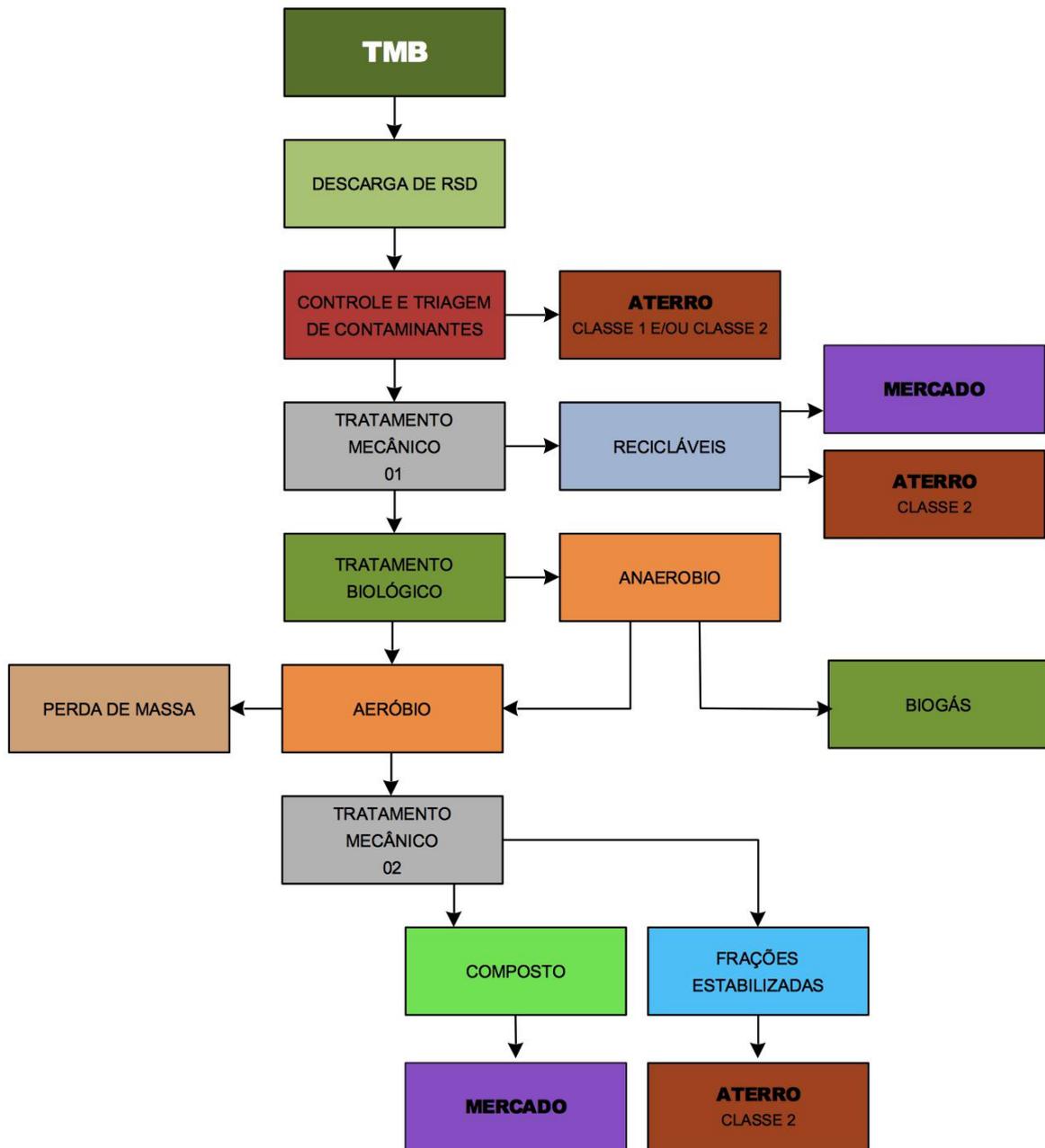
A planta será operada em 1 turno e quando dos momentos de alta temporada em 2 turnos. O terceiro turno estará reservado para as atividades de manutenção. A planta terá capacidade para atender até 80.000 t/a em 2 turnos (veja Figura 5-1).

**Tabela 5-1 – Descritivo de áreas**

Área total	m <sup>2</sup>
Área de descarga, tratamento mecânico e armazenagem	4200
Área tratamento biológico aerado	6000
Área tratamento biológico anaeróbio	2000
Áreas periféricas e acessos	2300

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Figura 5-1 – Fluxograma de planejamento de TMB em Ubatuba



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

## 5.1 DESCRITO TECNOLÓGICO

### 5.1.1 PÁTIO DE DESCARREGAMENTO

#### A Funções

O pátio de descarregamento deverá ser dimensionado a fim de garantir o cumprimento das seguintes funções:

- 🌱 Armazenagem temporária para os resíduos segundo suas características qualitativas e quantitativas para atendimento de variações sazonais, ou mesmo para permitir atividades de manutenção da planta;
- 🌱 Armazenagem temporária para os materiais recicláveis prensados;
- 🌱 Assegurar entregas simultâneas dos resíduos;
- 🌱 Dissociação entre a alimentação contínua do tratamento mecânico e um fornecimento descontinuado;
- 🌱 Controle visual dos resíduos descarregados e separação de resíduos contaminantes ou que causem distúrbio à operação;
- 🌱 Controle de emissões (minimizar desvios, emissões de gases, líquidos e ruídos).

A remoção ou redução de substâncias que causem interferência, estranhas e prejudiciais deve ser assegurada no pátio de descarregamento para garantir a eficácia do tratamento mecânico. O nível de tolerância para a ocorrência destes componentes problemáticos serão determinados segundo o processo de preparação e tratamento escolhidos. Os seguintes aspectos problemáticos deverão ser considerados:

- 🌱 Proporção de frações contaminantes, determinada pela relação entre o processo biológico e a qualidade do produto a ser gerado;
- 🌱 Granulometria, determinada pelo dimensionamento dos equipamentos de processamento e de transporte;
- 🌱 Substâncias perigosas (àquelas de fácil combustão ou explosivas, etc.);
- 🌱 Difícil trituração, por exemplo a partir de suas características elásticas e plásticas;
- 🌱 Têxtil que seja recebido de forma amontoada;
- 🌱 Formação de particulados (Emissões e riscos de explosão).

#### B Descrito técnico

O pátio de descarregamento será coberto e plano. A área de armazenagem será dimensionada para o recebimento dos resíduos gerados em 1 dia de coleta.

Resíduos contaminantes serão identificados de forma visual e selecionados de forma manual e mecânica através de uma pá-carregadeira. Equipamentos especiais são dispensáveis nesta fase. Containers para as substâncias contaminantes captadas nesta triagem deverão estar disponibilizados na área. A fração de resíduos contami-



nantes captados durante esta fase representa cerca de 1 % do total descarregado, ou seja, 800 t/a, devendo estes serem encaminhados para aterramento.

Os resíduos recebidos serão então coletados por uma pá-carregadeira e dirigidos ao rompedor de sacos, como por exemplo, um triturador.

### 5.1.2 TRATAMENTO MECÂNICO

#### A Funções

As seguintes funções específicas devem ser realizadas durante a fase de tratamento mecânico:

- 🔄 Encaminhamento dos resíduos para o rompedor de sacos/triturador;
- 🔄 Rompimento das sacolas;
- 🔄 Estação de triagem para vidros e frações volumosas composta por 2-4 pessoas;
- 🔄 Tambor de peneiramento para segregação das frações maiores e menores do que 60 mm;
- 🔄 Separadores magnéticos para as frações maiores e menores do que 60 mm. O separador magnético é empregado para garantir qualidade às frações finas que serão encaminhadas para a produção de composto, bem como para captação de metais nas frações grossas;
- 🔄 Separador por corrente para segregação de metais não ferrosos para frações < 60 mm;
- 🔄 Separador balístico para segregação de plásticos 2D, 3D e finos (<60mm);
- 🔄 Separadores óticos para plásticos tipo PET, filmes, mistos, e ainda papéis/papelões;
- 🔄 Remoção dos bags ou contêiner por pá-carregadeira ou empilhadeira;
- 🔄 Prensa embaladora de recicláveis;
- 🔄 Remoção dos rejeitos para aterro.

#### B Descritivo técnico

A área para o tratamento mecânico localiza-se no mesmo nível que o pátio plano de descarregamento e deve ser realizada de forma coberta.

Os resíduos serão transportados por pá-carregadeira para o rompedor de sacos, da mesma forma que ocorre com a alimentação e descarregamento do fermentador bem como nos túneis de compostagem e na área de maturação.

O resíduo descarregado, após triagem de contaminantes, será captado e transportado pela pá-carregadeira até o rompedor de sacos/triturador. Ao término do rompimento segue-se um processo de peneiramento em malha de 60 mm onde as



frações > 60 mm serão direcionadas para a etapa de triagem de recicláveis e as frações < 60 mm serão encaminhadas para tratamento biológico aerado/anaeróbio.

### 5.1.3 BIODIGESTÃO

#### A Funções

- 🔄 Produção de biogás por meio do processo de decomposição anaeróbio;
- 🔄 Produção de energia elétrica e calor através de um transformador;
- 🔄 Perda de massa por meio da decomposição de substância orgânica seca;
- 🔄 Estabilização parcial do material digerido;
- 🔄 Captação de biogás e sua valorização ;
- 🔄 Exaustão do ar e tratamento;
- 🔄 Transferência das frações digeridas para a compostagem.

#### B Descritivo técnico

O processo de fermentação escolhido consiste em uma fermentação seca que ocorre durante 3 semanas, este tipo de fermentação é realizada por batelada no qual é produzido o biogás para a eletricidade e calefação. A tecnologia é projetada em um sistema modular, consistindo em 8 unidades uniformes fermentadoras que serão alimentadas pela pá-carregadeira.

Durante a fermentação há baixa necessidade de introdução adicional de líquidos (cerca 1600 t/a). Os líquidos aspergidos serão capturados durante o processamento e re-circulados com o propósito de umedecimento da massa a ser digerida, desta forma acumulando a função de acelerador da digestão.

Em decorrência do alto índice de umidade, haverá um excedente de emissões líquidas na ordem de 9000t/a que deverão ser encaminhadas para tratamento.

### 5.1.4 ESTABILIZAÇÃO AERÓBIA

#### A Funções

- 🔄 Como valor alvo da estabilização biológica visando o aterramento deve-se alcançar uma atividade respiratória  $AT_4 < 10 \text{ mg O}_2/\text{g}$  de substância seca;
- 🔄 Estabilização e higienização dos resíduos < 60 mm e dos digeridos no fermentador;
- 🔄 Regulagem do teor de umidade para < 40 %;
- 🔄 Peneiramento em malha dupla 20 e 40 mm;

- 🌱 Frações < 20 mm serão enquadradas como composto; frações entre 20-40mm serão enquadradas como material de oxidação de metano e frações > 40 mm serão enquadradas como frações orgânicas estabilizadas e encaminhadas para aterramento.

## B Descritivo técnico

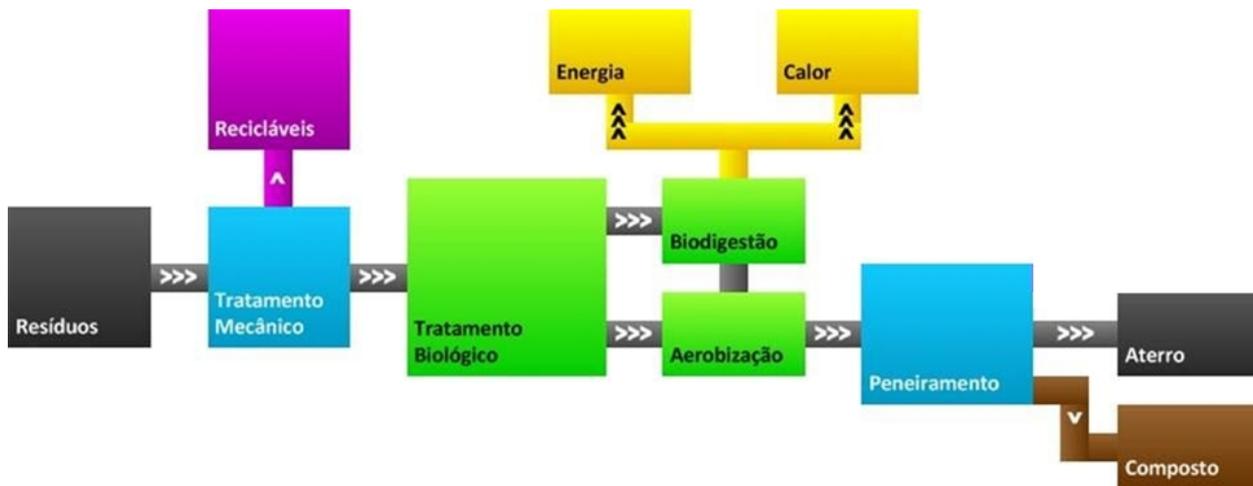
A estabilização aeróbia das frações orgânicas acontecerá em um pátio coberto, impermeabilizado, em espaços projetados na forma de 10 túneis de concreto ou em 160 containers, ambos providos de aeração forçada, tendo como período estimado de estabilização 3-4 semanas. Entende-se que durante este período será possível uma redução de massa na ordem de 40 % quando forem empregados túneis e 20-30 % quando forem empregados containers. Após a estabilização o material será peneirado em malha de 20 e 40 mm onde as frações menores deverão ter seu conteúdo analisado para fins de avaliação de sua aplicação na forma de composto, frações entre 20 e 40 mm deverão ser estudadas para aplicação na forma de camada de oxidação de metano e as maiores que 40 mm deverão ser encaminhadas para aterramento em área licenciada.

**Figura 5-2 – Túneis e Contêineres para aerobização**



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Figura 5-3 – Fases do processo

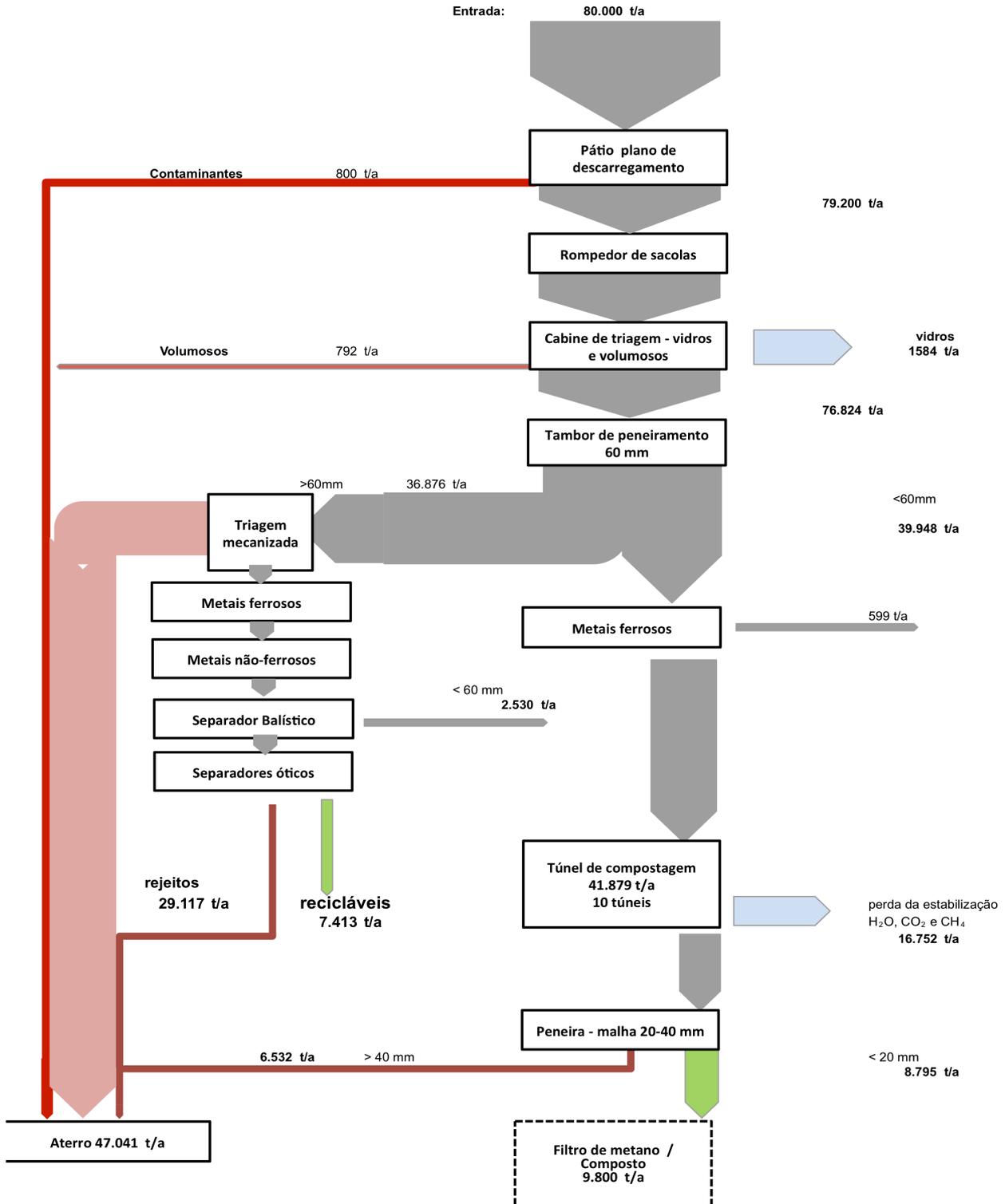


Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

## 5.2 BALANÇO DE MASSA

### 5.2.1 FASE 01 – TMB AERÓBIO (TÚNEIS)

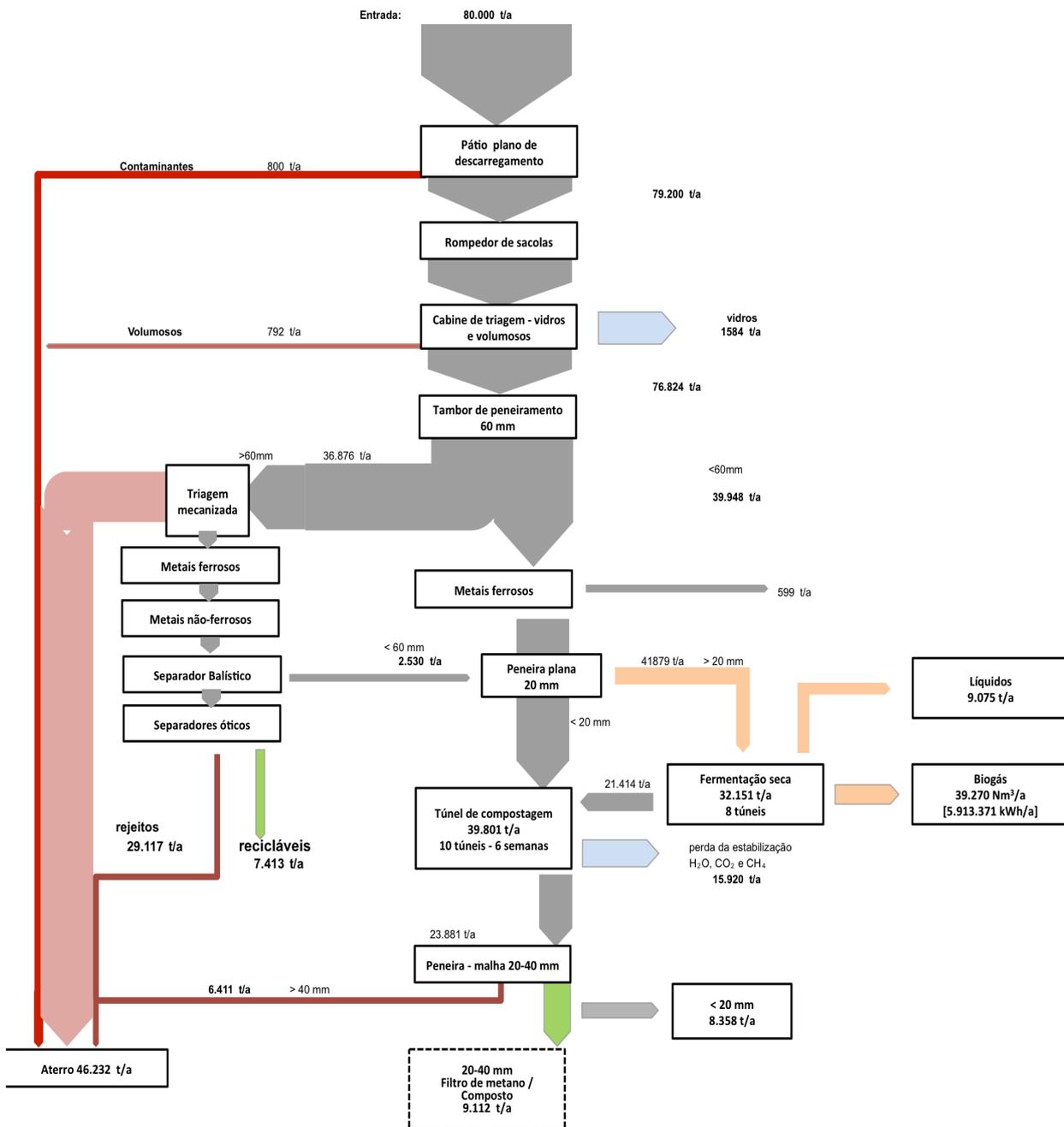
Figura 5-4 – Balanço de Massa – Cenário 01



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

### 5.2.2 FASE 02 – TMB ANAERÓBIO E AERÓBIO (TÚNEIS)

Figura 5-5 – Balanço de Massa – Cenário 02



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

## 6 Análise Econômica

### 6.1 FASE 01 – TMB AERÓBIO (TÚNEIS) – 80.000 T/A

Tabela 6-1 – Balanço Econômico – Cenário 01

	Tecnologia secagem	TMB com 100 % de estabilização	Porcentagem de participação
	<b>Subprodutos</b>	<b>RECICLÁVEIS E COMPOSTO</b>	
<b>1</b>	<b>Investimento total</b>	R\$ 69.504.000,00	100 %
<b>1.1</b>	<b>Construção civil</b>	R\$ 18.600.000,00	27 %
<b>1.2</b>	<b>Equipamento total</b>	R\$ 50.904.000,00	73 %
<b>1.2.1</b>	<b>Mecânico</b>	R\$ 32.708.000,00	64 %
<b>1.2.2</b>	<b>Biológico</b>	R\$ 17.340.000,00	34 %
<b>1.2.3</b>	<b>Diversos</b>	R\$ 856.000,00	2 %
<b>2</b>	<b>Operação</b>	R\$ 6.104.010,00	
<b>2.1</b>	<b>Despesas totais</b>	R\$ 11.924.930,00	100 %
<b>2.1.1</b>	<b>Despesas gerais / a</b>	R\$ 5.809.600,00	49 %
<b>2.1.2</b>	<b>Despesas aterro / a</b>	R\$ 6.115.330,00	51 %
<b>2.2</b>	<b>Receitas totais</b>	R\$ 18.028.940,00	100 %
<b>2.2.1</b>	<b>Receitas gate fee / a</b>	R\$ 12.000.000,00	67 %
<b>2.2.2</b>	<b>Receitas subprodutos/a</b>	R\$ 6.028.940,00	33 %
<b>3</b>	<b>Área total (m<sup>2</sup>)</b>	12.500	100 %
<b>3.1</b>	<b>Biológica (m<sup>2</sup>)</b>	6.000	48 %
<b>3.2</b>	<b>Mecânico (m<sup>2</sup>)</b>	4.200	34 %
<b>3.3</b>	<b>Periféricos (m<sup>2</sup>)</b>	2.300	18 %
<b>4</b>	<b>Subprodutos t/a</b>	16.208	100 %
<b>4.1</b>	<b>Recicláveis t/a</b>	7.413	46 %
<b>4.2</b>	<b>Composto t/a (&lt;20mm)</b>	8.795	54 %
<b>5</b>	<b>Rejeitos t/a</b>	47.041	100 %

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

## 6.2 FASE 02 – TMB ANAERÓBIO E AERÓBIO (TÚNEIS)

Tabela 6-2 – Balanço Econômico – Cenário 02 – implementação total

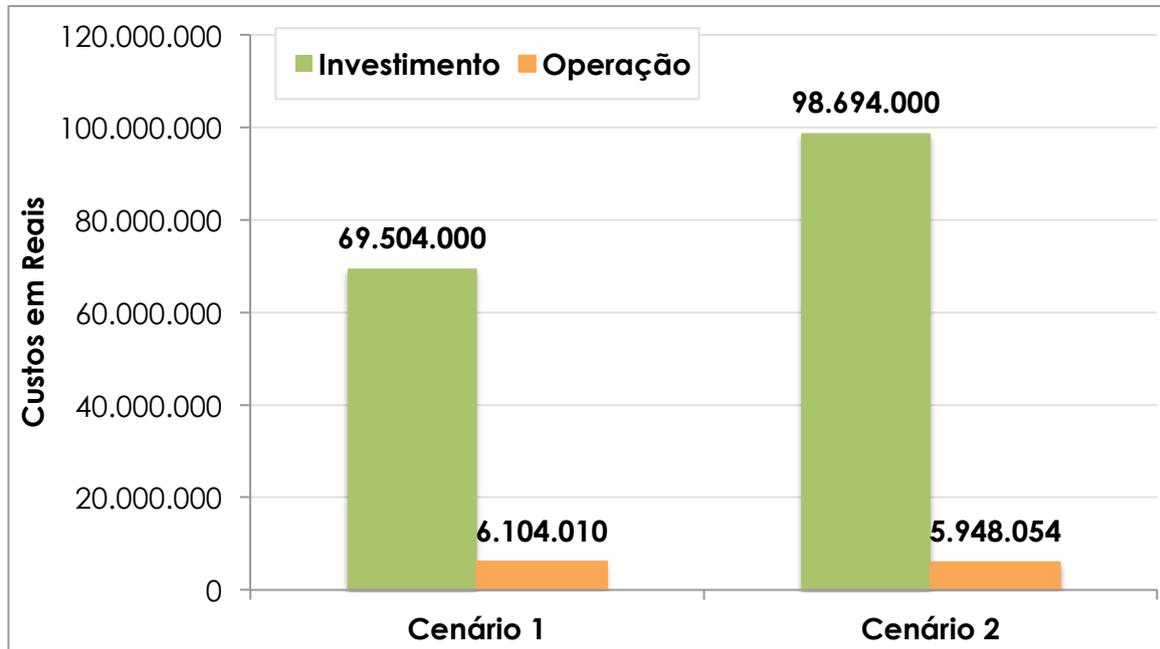
	Tecnologia secagem	TMB com 100 % de estabilização e fermentação	Porcentagem de participação
	<b>Subprodutos</b>	<b>RECICLÁVEIS, COMPOSTO E BIOGÁS</b>	
<b>1</b>	<b>Investimento total</b>	R\$ 98.694.000,00	100 %
<b>1.1</b>	<b>Construção civil</b>	R\$ 28.000.000,00	28 %
<b>1.2</b>	<b>Equipamento total</b>	R\$ 70.694.000,00	72 %
<b>1.2.1</b>	<b>Mecânico</b>	R\$ 34.228.000,00	48 %
<b>1.2.2</b>	<b>Biológico</b>	R\$ 35.490.000,00	50 %
<b>1.2.3</b>	<b>Diversos</b>	R\$ 976.000,00	2 %
<b>2</b>	<b>Operação</b>	R\$ 5.948.054,00	
<b>2.1</b>	<b>Despesas totais</b>	R\$ 13.219.860,00	100 %
<b>2.1.1</b>	<b>Despesas gerais / a</b>	R\$ 6.846.700,00	52 %
<b>2.1.2</b>	<b>Despesas aterro e emissões líquidas / a</b>	R\$ 6.373.160,00	48 %
<b>2.2</b>	<b>Receitas totais</b>	R\$ 19.167.914,00	100 %
<b>2.2.1</b>	<b>Receitas gate fee / a</b>	R\$ 12.000.000,00	63 %
<b>2.2.2</b>	<b>Receitas subprodutos/a</b>	R\$ 7.167.914,00	37 %
<b>3</b>	<b>Área total (m<sup>2</sup>)</b>	14.500	100 %
<b>3.1</b>	<b>Biológica (m<sup>2</sup>)</b>	8.000	55 %
<b>3.2</b>	<b>Mecânica (m<sup>2</sup>)</b>	4.200	29 %
<b>3.3</b>	<b>Periféricos (m<sup>2</sup>)</b>	2.300	16 %
<b>4</b>	<b>Subprodutos t/a</b>	15.771	100 %
<b>4.1</b>	<b>Recicláveis t/a</b>	7.413	47 %
<b>4.2</b>	<b>Composto t/a (&lt; 20 mm)</b>	8.358	53 %
<b>4.3</b>	<b>Energia kWh/a</b>	5.913.371	-
<b>5</b>	<b>Rejeitos t/a</b>	46.232	100 %

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Em seguida, uma comparação dos resultados determinados a partir da quantidade e qualidade dos RSU de Ubatuba estão apresentados nas figuras Figura 6-1, Fi-

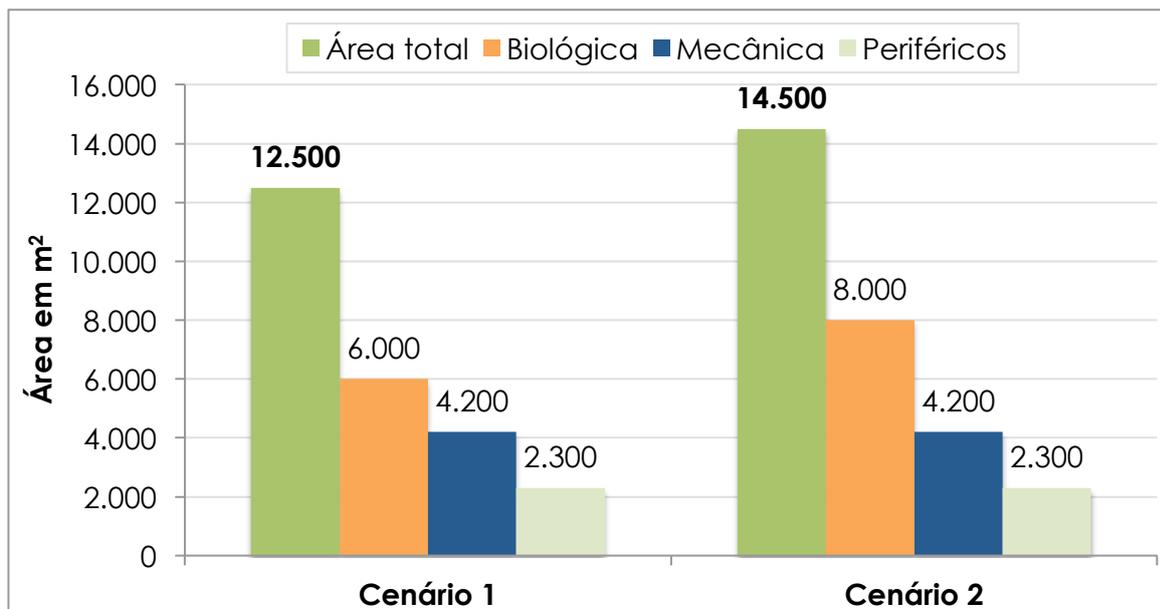
gura 6-2 e Figura 6-3, diferenciado por custos de investimento e operação, a área necessária e os subprodutos gerados.

Figura 6-1 – Comparação dos cenários - Investimentos



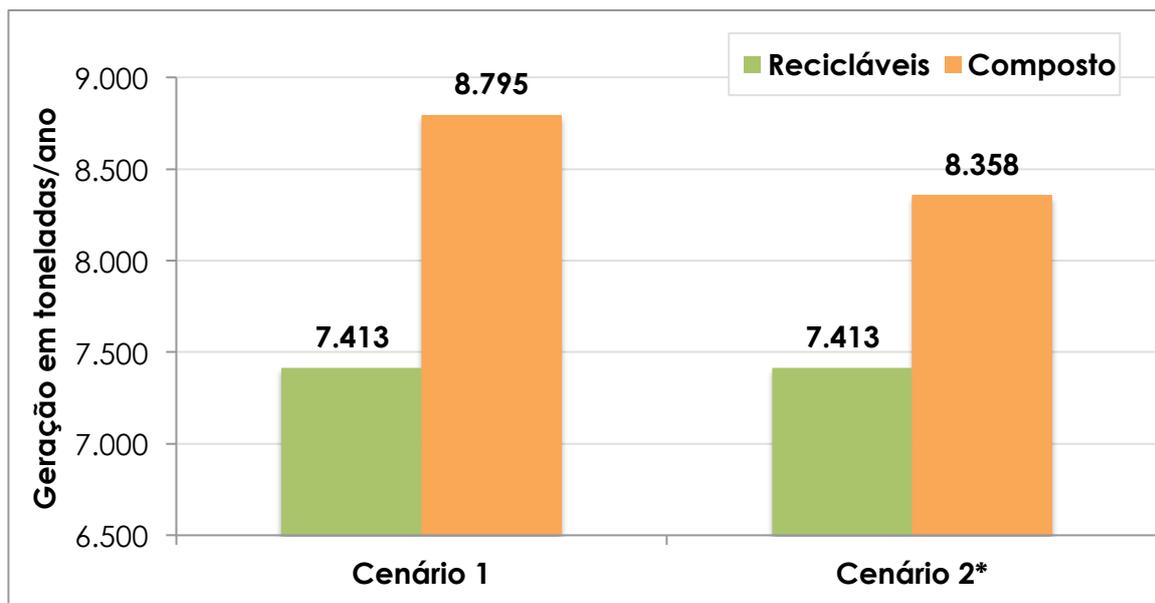
Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Figura 6-2 - Comparação dos cenários – Áreas



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Figura 6-3 - Comparação dos cenários – Geração de subprodutos



\*Geração de cerca de 6 MWa de Energia

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

## 7 Indicadores de Performance

A valorização fomentada na década de 90, apesar de pioneira, acabou representando um desserviço para a gestão sustentável dos resíduos sólidos. Tecnologias de compostagem aplicadas em larga escala não tiveram sucesso e além do impacto ambiental ainda produziram subprodutos de tão baixa qualidade que promoveu uma descrença no mercado.

Duas décadas depois, temos novamente estas discussões em pauta e com grandes fragilidades como insuficiência de capacidade técnica e dependência de equipamentos importados. Propomos para minimizar o impacto das novas tecnologias e salvaguardar o gestor público e a comunidade, de forma a garantir a eficiência dos novos sistemas, que sejam introduzidas nos termos de referência dos editais a serem elaborados as garantias de performance que definam o desempenho individual dos equipamentos e do conjunto, e ainda institua penalidades para seu descumprimento.

Os indicadores de performance deverão abordar a funcionalidade do tratamento mecânico e dos biológicos bem como sua capacidade específica de tratamento, consumo de energia, balanço hídrico e ainda prazos de fornecimento, testes e garantia, como retratados a seguir:

- 🌱 Tratamento mecânico – XXX t por ano, XX t por hora por equipamento
- 🌱 Tratamento Biológico – Fermentação: XXX t por ano, tempo de residência XX semanas em cada fermentador; Compostagem: XXX t por ano, tempo de residência XX semanas nos túneis de compostagem
- 🌱 Operacionalidade dos equipamentos - deve ser garantido um fator de pico para todos os agregados de preparação de XXX% para o período de uma hora. Para todos os agregados deve ser garantida uma disponibilidade mínima de XX%.
- 🌱 Prazos para testes - para o rendimento de equipamentos: resultado médio de XX semana de operação e para verificar a eficiência de todos os equipamentos: resultado médio de XX semana de operação.
- 🌱 Capacidade e penalidades específicas dos agregados.
- 🌱 Fermentador: rendimento médio mensal de biogás de pelo menos XXX Nm<sup>3</sup>/t de material entrado no digestor. Alternativamente garante na média mensal uma parte de XXX% do rendimento do gás que o processo obtém em comparação ao resíduo de fermentação conforme VDI 4630 após uma permanência de XXX dias no digestor. Além disso, o biogás gerado deve apresentar na média mensal um teor de pelo menos XXX% de metano. E ainda em relação ao CHP: grau de eficiência elétrica de XX% com uma disponibilidade de XX%.
- 🌱 Compostagem: Grau de Maturação; Higienização do material tratado; Teor de umidade.
- 🌱 Emissões de odores.



- ♻️ Consumo de energia da planta.
- ♻️ Prazo de garantia.
- ♻️ Prazo de prescrição / peças de desgaste.
- ♻️ Lista das peças de desgaste e de reposição.
- ♻️ Partida e operação teste.
- ♻️ Prazos de fornecimento e de conclusão.



## 8 Análise de mercado para subprodutos

A consciência ambiental, a sensibilização em relação às mudanças climáticas, a necessidade de preservação e os preços de comercialização dos recursos naturais e o valor da energia garantem o desenvolvimento do mercado de recursos secundários. Práticas antigas e ineficazes, como o boom da compostagem e situação esta agravada pelo desconhecimento e mitos que se formaram durante o decorrer dos anos, acabaram desgastando o setor, porém acompanhando o desenvolvimento global mostra-se inquestionável a tendência que o mercado assume no que se refere à valorização destes subprodutos e sua penetração como um importante ator na cadeia econômica.

Para fins de mitigação dos impactos do passado e promoção do mercado, entendemos como primeira iniciativa a realização de um mapeamento do mercado em um raio de 50 km para cadastramento de potenciais receptores dos subprodutos e logo em seguida uma extensão do raio de influência para 100 km. Durante o mapeamento poderão ser incorporadas medidas de esclarecimento e de capacitação.

Pesquisas deverão ser realizadas para caracterização dos subprodutos e otimização, para isto torna-se imprescindível a formação de parceria com institutos acadêmicos e de pesquisa.

Promoção dos resultados deve compor um programa de comunicação para a disseminação dos dados e afastamento de mitos, e ainda incentivos na forma de benefícios tributários deverão ser instituídos para a substituição dos recursos naturais pelos secundários. Estas ações devem compor a política pública do município e garantir segurança jurídica para àqueles que participarem do novo sistema de gestão dos resíduos.

Conforme comentado anteriormente uma rota tecnológica demanda um processamento eficaz do substrato e a geração de subprodutos que sejam valorizados pelo mercado.

No caso do trabalho apresentado temos que a matriz tecnológica firmada resultou na escolha da tecnologia de tratamento mecânico (captando 10 – 15 % de recicláveis) e biológico, sendo que este formado por duas frentes, uma de origem anaeróbia, a fermentação na forma seca e descontínua com o intuito de recuperar energeticamente a fração orgânica e em seguida a aplicação da tecnologia de aeração na forma de compostagem, resultando em dois possíveis substratos, o composto e a biomassa, esta gerada apenas pela secagem do material.

Este combo tecnológico é bastante eficaz e garante pelo menos uma taxa de desvio total que pode variar entre 50 a 70 %. Esta variação dependerá da aceitabilidade do mercado aos subprodutos ofertados pela planta.



Temos o biogás como uma matriz alternativa de energia, porém os valores de comercialização ofertados pelo mercado, R\$ 190,00/MW ainda não garantem a viabilidade econômica desta intervenção tecnológica. Esta condição pode ser revertida no momento em que o processo de fermentação seja aplicado em caráter parcial a fim de gerar apenas a energia para fins de consumo próprio, esta prática limitada a 1 MW e amparada por isenção de tributos segundo resolução ANEEL 482 de 2012.

No que se refere ao mercado de recicláveis, estes captados durante o tratamento mecânico, temos um situação estável e bastante competitiva onde valores médios de comercialização estão na ordem de R\$ 680,00/t, justificando economicamente esta intervenção. Um incremento na linha de produção de tratamento mecânico para fins de produção de CDR (combustível derivado de resíduos ) pode ser futuramente implementada quando do amadurecimento do mercado.

O CDR na Europa é encaminhado para plantas de força e fornos de cimenteiras, já sendo entendido como fonte geradora de receita na ordem de R\$ 50,00/t. No Brasil, estudos e linhas de pesquisa foram iniciadas, porém a ausência de determinação legal que designe as características físico-químicas apropriadas e limitações para sua aplicação geram incertezas para fins de investimento neste mercado.

Quando avaliamos os subprodutos gerados em decorrência da estabilização aeróbia, temos o composto e a biomassa. O composto, quando do atendimento das determinações legais quanto suas características qualitativas, temos uma posição bastante positiva do mercado, onde os valores de comercialização já se encontra na ordem de R\$ 100,00/t.

Ambos os subprodutos, seja composto, seja biomassa, quando do não atendimento das condicionantes de qualidade, poderão ser aplicados na forma de camada de oxidação de metano visando mitigar a emissão de gases de efeito estufa e servindo como ferramenta de remediação de passivos ambientais.

Independentemente do subproduto, vale observar que as tecnologias de estabilização aeróbia sempre terão viabilidade econômica, no momento que permitem uma redução de massa na ordem de 20-40 %.



## 9 Intervenções sustentáveis

As ações recomendáveis para fins de garantir uma avaliação consistente das tecnologias a fim de refletir a realidade de sua aplicação tanto tecnicamente (no âmbito operacional e ambiental) quanto economicamente, estão expostas a seguir:

### 9.1 CAPACITAÇÃO PÚBLICO INTERNO

Para que uma administração tenha condição de montar e avaliar uma matriz de impacto tecnológico deve, sobretudo buscar capacitação de sua equipe. Para isto propomos parceria com entidades renomadas e que possam, de forma neutra, contribuir para que a matriz expresse a realidade da tecnologia estudada. Também pode ser entendido como medida de capacitação o fomento de viagens técnicas para conhecer in loco as tecnologias avaliadas, sendo que na escolha das plantas a serem visitas algumas características devem ser privilegiadas tais como aplicação em escala e substratos semelhantes.

Vivenciar a aplicação de novas tecnologias, principalmente em larga escala, demanda uma capacidade técnica avançada que pode ser desenvolvida através de cursos de capacitação que abordem conhecimentos na ordem do planejamento, execução, operação, monitoramento, otimização das tecnologias e aplicabilidade e escoamento dos subprodutos. Propõem-se viagens técnicas de longa duração para que a equipe responsável possa acompanhar operações em escala e com substratos próximos ao do projeto. Além do acesso as informações em decorrência da troca de experiências, estas viagens também permitirão formar um senso crítico e sensibilizar os agentes, seja público, seja privado, quanto às fragilidades e entraves relacionados com a aplicação das tecnologias.

### 9.2 CAPACITAÇÃO PÚBLICO EXTERNO

Considerando nossa imaturidade devido à escassez ou inexistência de plantas de tratamento em larga escala, temos que os atores periféricos que formam este mercado como entidades acadêmicas e de pesquisa, operadores privados, agências ambientais, consultorias, indústrias, também devem definir ações de capacitação como parte de seu planejamento estratégico. Apenas o conhecimento minimizará os erros inerentes às novas práticas, para isto, é fundamental instituir parcerias com instituições que dominem essas informações, resultando na agilidade e economicidade durante as tomadas de decisão.

Entendemos como público externo a própria comunidade que sofrerá as consequências de uma operação exitosa ou não, devendo o poder público prover cursos



de capacitação e de aculturação com a nova realidade da gestão sustentável dos resíduos. A administração pública deve entender este novo sistema como condição única dentro da realidade brasileira e ferramenta concreta de educação ambiental. O comprometimento da população irá garantir melhores níveis de segregação a partir da coleta seletiva e ainda o convívio através de visitas monitoradas à planta de tratamento ratificará os conceitos desenvolvidos em intervenções de educação ambiental, afastando a teoria e aproximando a comunidade para a realidade desses sistemas, suas complexidades e vantagens quando da transformação dos resíduos em recursos secundários. Ações midiáticas são justificadas para sensibilização de um número maior de membros da sociedade.

Considerando o pioneirismo do programa e o compromisso com o bem comum, temos que essas plantas devem ser disponibilizadas para linhas de pesquisa e promoção de programas acadêmicos de especialização, contribuindo para a formação de massa crítica e capacitada, apta a multiplicar os resultados deste projeto pioneiro, contribuindo inclusive para o desenvolvimento do próprio mercado de maquinários e serviços.

### 9.3 FORMAÇÃO DE PARCERIAS

As parcerias com entidades de controle e monitoramento são importantes para a antecipação dos problemas e promoção de ações corretivas. Avaliação contínua dos impactos ambientais também pode ser entendido como uma ferramenta de proteção ambiental e de garantia da eficiência da operação.

Um mapeamento do mercado regional permitirá identificar os pontos passíveis de integração entre as demais instituições, homogeneizando os procedimentos e garantindo escala tanto para a aplicação tecnológica quanto para o escoamento dos subprodutos.

**Tabela 9-1 - Levantamento atual do mercado no litoral norte de São Paulo**

Município	População	Geração Mensal (t)	Empresa	Edital (t)	Transbordo e transporte	Destinação	Data de Ref.	Aterro
Caraquatatuba	100.840	2.097,5	Em concorrência	110			Jan/15	
Ilhabela	28.196	586,5	Boa Hora	205	140	65	Dez/14	Engep (Jambeiro)
São Sebastião	73.942	1.538	Ecopav	120	47,2	80	Dez/13	Engep (Jambeiro)
Ubatuba	78.801	1.639,1	Sanepav	172,5	172,5		Abr/14	Engep (Jambeiro)
<b>Total</b>	<b>281.779</b>	<b>5.861,0</b>						

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

## 10 Contribuição para a proteção ambiental e preservação dos recursos naturais

A gestão de resíduos representa um setor da economia com significativas emissões de gases de efeito estufa, sendo que este potencial de impacto ambiental pode ser mitigado a partir de uma gestão sustentável que introduz os processos de tratamento anteriormente à prática de disposição final. Desta forma, as reduções de emissões são alcançadas através das seguintes medidas:

- ❿ Economia de energia no uso de matérias-primas secundárias (reciclagem de materiais );
- ❿ Produção de energias renováveis, como biogás;
- ❿ Armazenamento de CO<sub>2</sub> nos solos através da compostagem ;
- ❿ Estabilização biológica de resíduos previamente à sua disposição em aterros sanitários;
- ❿ Se for necessário, prevenção de produção de metano pela oxidação do metano microbiana por camadas de filtros adequados nos aterros sanitários antigos.

### 10.1 CONTRIBUIÇÃO PARA A PROTEÇÃO DOS RECURSOS NATURAIS

A abordagem estratégica contempla o uso sustentável dos recursos naturais a partir da melhora da eficiência dos recursos e propõe ainda a redução dos impactos ambientais oriundos da utilização dos recursos e, desta forma dissociando o crescimento econômico do impacto ambiental resultante deste. Portanto a sustentabilidade das estratégias de gestão de resíduos deve ser avaliada.

Para a eficiência no emprego dos recursos naturais não devem ser considerados apenas o consumo direto dos recursos e as receitas decorrentes das operações de valorização, incluindo as medidas necessárias para sua realização. A avaliação deve também considerar a provável economia de recursos através do emprego da matéria-prima secundária e da reciclagem energética. Um parâmetro importante nesse contexto é a demanda de energia acumulada para os produtos gerados a partir dos resíduos, diferenciados segundo a produção de matérias-primas primárias e secundárias.

## 10.2 CONTRIBUIÇÃO PARA A PROTEÇÃO DO CLIMA

A gestão de resíduos constitui um segmento relevante no que se refere as emissões de gases de efeito estufa. Desta forma, a rota tecnológica proposta permitirá minimizar estas emissões, da seguinte forma:

- Prevenção de emissão de metano em aterros sanitários através da redução de massa orgânica encaminhada para aterramento e sua estabilização biológica;
- Aproveitamento energético do orgânico através da geração de biogás;
- Economia energética devido ao emprego de matéria-prima secundária.

As emissões de metano em aterros em um período de 10 anos foram estimadas. Isto é necessário para avaliar o potencial de geração de carbono equivalente em aterros de rejeitos. Na tabela seguinte temos a comparação da geração em aterros tradicionais e de rejeitos onde há uma expressiva redução da emissão de gases de efeito estufa, em 10 anos, de 185.363 a 20.716 t CO<sub>2</sub>eq, ou seja, uma redução de 164.647 t CO<sub>2</sub>eq.

**Tabela 10-1 - Linhas de base dos aterros tradicionais e do aterro de rejeitos com as respectivas emissões em carbono equivalente**

Linha de base – Aterro Tradicional		Linha de base – Aterro de Rejeitos	
Linha de base emissões (t CO <sub>2</sub> eq)		Linha de base emissões (t CO <sub>2</sub> eq)	
1	6.094	1	422
2	10.662	2	827
3	14.168	3	1.217
4	16.923	4	1.592
5	19.143	5	1.952
6	20.975	6	2.299
7	22.518	7	2.633
8	23.845	8	2.953
9	25.004	9	3.262
10	26.031	10	3.559
<b>Total</b>	<b>185.363</b>	<b>Total</b>	<b>20.716</b>

Fonte: Elaborado pelos autores, 2014.

Para o balanço de emissões temos uma influência positiva na geração de gases de efeito estufa quando do emprego da reciclagem de materiais e da compostagem e ainda da redução de massa aterrada. A redução total anual está na ordem de 379.517 t CO<sub>2</sub>eq.

**Tabela 10-2 - Balanço da redução total em t CO<sub>2</sub>eq devido ao aterramento de menores massas e recuperação energética e de materiais**

Redução das emissões		Eletricidade biogás	Reciclagem	Reciclagem de FE	Soma
Ano	t CO <sub>2</sub> eq				
1	5.672	12.771	7.188	1.528	27.159
2	9.835	12.771	7.188	1.528	31.322
3	12.951	12.771	7.188	1.528	34.438
4	15.331	12.771	7.188	1.528	36.818
5	17.191	12.771	7.188	1.528	38.678
6	18.676	12.771	7.188	1.528	40.163
7	19.885	12.771	7.188	1.528	41.372
8	20.892	12.771	7.188	1.528	42.379
9	21.742	12.771	7.188	1.528	43.229
10	22.472	12.771	7.188	1.528	43.959
	<b>164.647</b>	<b>127.710</b>	<b>71.880</b>	<b>15.280</b>	<b>379.517</b>

Fonte: Elaborado pelos autores, 2015.

### 10.3 CONTRIBUIÇÃO PARA AS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Através da gestão sustentável de grande parte das frações orgânicas em decorrência da estabilização biológica, teremos uma redução na ordem de 70-90 % do potencial de geração de chorume da massa a ser aterrada.

## 11 Projeto de valorização de curto prazo

O estado de São Paulo definiu metas de médio prazo para a redução de resíduos em aterros, sendo que estas metas ambiciosas demandam intervenções tecnológicas e de gestão consolidadas, somente possíveis através de concessão administrativa na forma de PPP (parceria público-privada). Tal fato justifica-se pelo elevado montante de investimento em plantas de tratamento e demais serviços periféricos como universalização da coleta seletiva, entre outros.

O plano estadual de resíduos sólidos elaborado pelo Governo do Estado em 2014 estabelece, de forma geral, as seguintes metas (Figura 11-1):

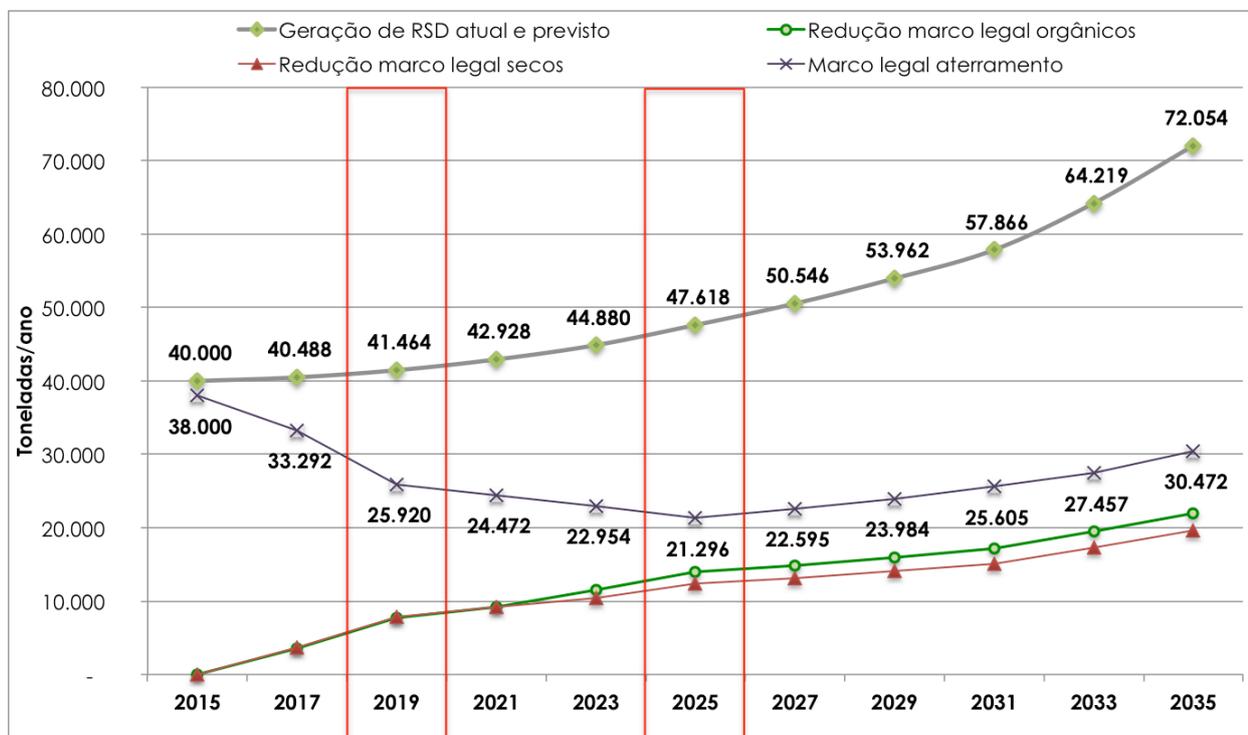
- 🌱 Meta 4.7 - Redução dos Resíduos Recicláveis Secos dispostos em Aterro (com base na caracterização nacional de 2013)

2019: 37 %; 2023: 42 % e 2025: 50 %

- 🌱 Meta 4.8 - Redução Percentual de Resíduos Úmidos dispostos em Aterros (com base na caracterização nacional de 2013)

2019: 35 % ; 2023: 45 % e 2025: 55 %

**Figura 11-1 – Previsto de geração de resíduos e marcos legais**



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.



Considerando que a implementação tecnológica demanda expertise em operação propomos que durante o próximo ano a Prefeitura realize intervenções pontuais com o intuito de desenvolver capacidade de seu corpo técnico, alinhar as tecnologias com a realidade local e sobretudo gerar know-how para elaboração do termo de referência para a contratação de tecnologias em larga escala. Estas intervenções abordarão 3 eixos temáticos: recicláveis, construção civil e resíduos orgânicos selecionados.

### **11.1 IMPLANTAÇÃO DE ECOPONTOS**

Os ECOPONTOS são locais previamente estabelecidos, que possuem condições técnicas adequadas ao armazenamento de determinados tipos de resíduos produzidos no município. Seu principal objetivo é propiciar que os Resíduos da Construção Civil, Verdes e Especiais provenientes de geradores de pequenos volumes até 1m<sup>3</sup>/ mês/ gerador e materiais volumosos (ex: mobiliário) tenham destinação correta. Desta forma conseguiremos minimizar riscos de contaminação ao meio e ao homem, e ainda, possibilitar a adoção de alternativas econômicas para reuso e comercialização de alguns materiais. Cabe ressaltar que segundo a resolução do CONAMA n.º 307, compete ao município a solução para a disposição correta dos pequenos volumes de resíduos da construção civil.

Estes postos de entrega funcionarão como receptores de diversos tipos de materiais e inservíveis, tais como: entulho, pneus, lâmpadas fluorescentes, recicláveis domiciliares, poda, restos e embalagens de tintas e solventes, móveis e outros materiais volumosos, devendo localizar-se próximos ou nos locais de deposições irregulares existentes, respeitando a viabilidade técnica e econômica para sua instalação e manutenção.

Cada material possuirá um espaço apropriado baseado em critérios específicos de acondicionamento e armazenagem, e posteriormente (de acordo com o volume) transportados para a área de destinação, e a partir daí, encaminhados às empresas recicladoras, comercializados, valorizados ou doados para reutilização.

Poder-se-á ainda haver parcerias com outros municípios a fim de obtermos maiores volumes para correta destinação final. Esta parceria é fundamental para melhor disputa de mercado, barateamento de custos como fretes e impostos. Havendo ainda otimização de recursos, como tempo de armazenagem, e menor demanda para o alcance de cargas necessárias. As parcerias se apresentam ainda como fonte de recursos, em função da cobrança pela execução desses serviços, haja visto ser esse um problema que atinge todos os municípios da região.

Os ECOPONTOS devem ter características homogêneas, dimensionados de forma a permitir o deslocamento dos pequenos coletores, inibindo, desta forma, o despejo irregular de resíduos.

Para definirmos o local de instalação dos ECOPONTOS, devemos levar em consideração os seguintes fatores:

-  Capacidade de deslocamento dos pequenos coletores em cada viagem, resultando em uma distância máxima entre 1,5 Km e 5,0 Km;
-  A altimetria da região;
-  Outras barreiras naturais que impeçam ou dificultem o acesso.

Os ECOPONTOS devem ocupar áreas públicas ou privadas cedidas em parceria. Essas áreas devem ter entre 150m<sup>2</sup> e 600m<sup>2</sup>. As áreas públicas podem ser bens dominiais, áreas institucionais subutilizadas ou ainda, áreas verdes degradadas.

O projeto de cada ECOPONTO deve:

-  Prever instalação de cerca viva nos limites da área, para reforçar a imagem de qualidade ambiental do equipamento público;
-  Diferenciar os espaços para a recepção dos resíduos que tenham de ser triados, para que a remoção seja realizada por circuitos de coleta;
-  Aproveitar desníveis existentes, ou criar um platô, para que a descarga dos resíduos pesados seja feita diretamente nas caçambas metálicas estacionárias;
-  Garantir espaço para manobras de veículos;
-  Preparar placa, totem ou outro dispositivo que identifique o local e ainda que demonstre para a população a finalidade dessa instalação pública como local correto de destinação de resíduos especiais, construção civil e poda;
-  Guarita e sanitário, para facilitar a presença contínua de um funcionário.

Em geral a entrega se fará de forma voluntária, e sustentada por amplo processo de educação ambiental e de fiscalização. Esta por sua vez, deverá ter suporte jurídico. Para tanto é necessário que seja definido em Lei, a obrigatoriedade da entrega de resíduos específicos como Resíduos da Construção Civil, Resíduos Verdes e Resíduos Especiais nos ECOPONTOS.

É ainda necessário que o funcionário encarregado pelo ECOPONTO passe por treinamento específico sobre o manejo de cada tipo de resíduo recebido. Alguns aspectos devem ser abordados no decorrer do treinamento, tais como:

-  O limite estabelecido para o volume máximo das cargas individuais de resíduos que podem ser recebidos na unidade. A quantidade máxima a ser recebida é de 1m<sup>3</sup>/ mês/ gerador ;
-  Impedimento do descarte de resíduos orgânicos domiciliares;

- Organização racional dos resíduos recebidos a fim de possibilitar a otimização de circuitos de coleta.

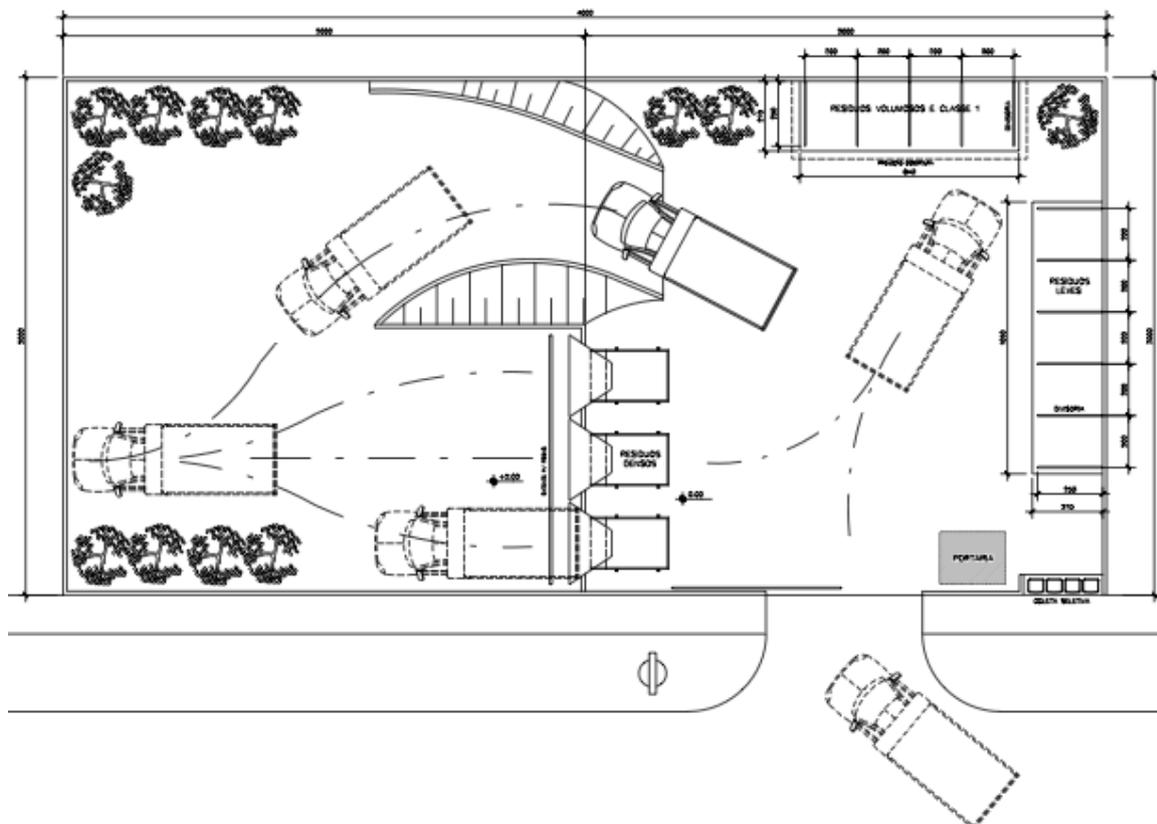
A correta gestão dos resíduos, com a redução da sua produção e promoção da reutilização e reciclagem de materiais é uma questão que identifica o nosso percurso ao buscarmos o desenvolvimento sustentável. Colocamos à prova a nossa capacidade de inverter as atuais tendências de consumo de matérias-primas, e consequentemente de recursos naturais.

Nesse contexto, a educação, informação e sensibilização são sem dúvida os principais caminhos para introduzirmos a promoção da mudança de atitudes e hábitos das populações, despertando assim o que denominamos de consciência ecológica.

Assim, as ações propostas de valorização de resíduos irão garantir a sensibilização e incentivar mudanças de comportamento, em termos de adesão e participação efetivas da população no programa de coleta seletiva.

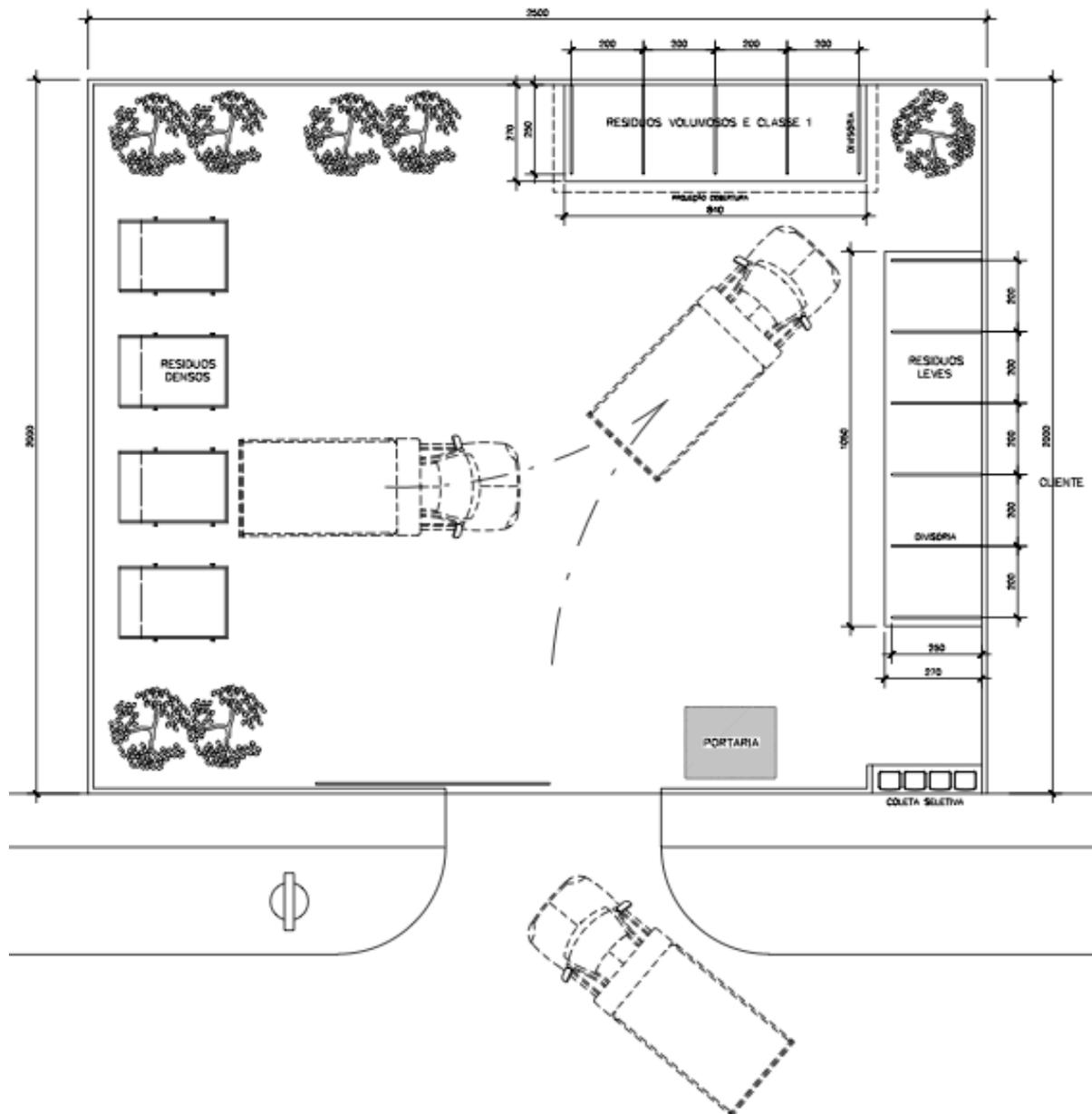
Para tanto a instalação de ECOPONTOS torna-se um dos instrumentos importantes para alcançarmos estes resultados, quais sejam: a adesão e participação da sociedade na gestão dos resíduos sólidos no município.

**Figura 11-2 – Área de ECOPONTO – 500 m<sup>2</sup> (1:100)**



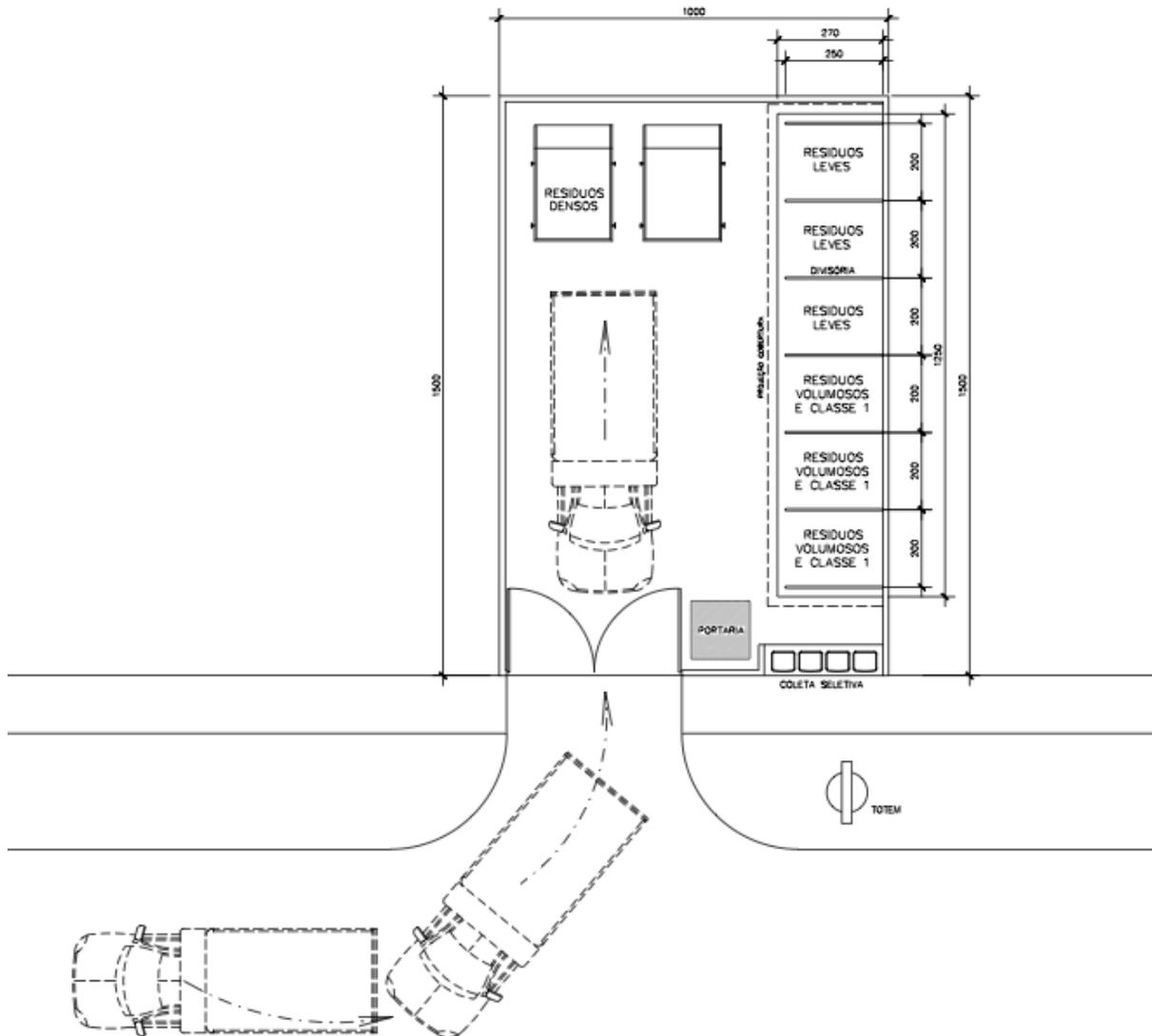
Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Figura 11-3 – Área de ECOPONTO – 250 m<sup>2</sup> (1:100)



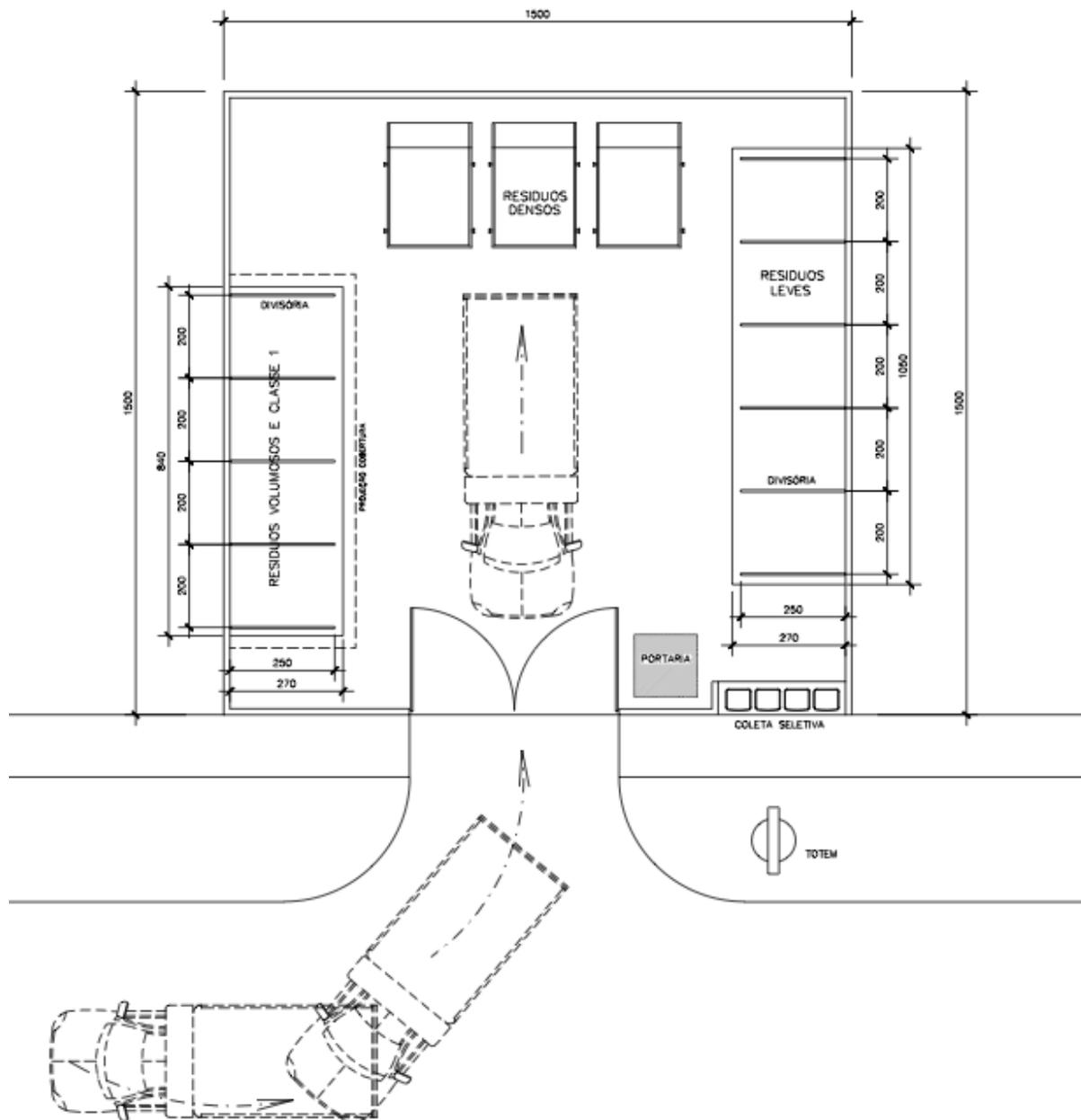
Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Figura 11-4 - Área de ECOPONTO – 150,00 m<sup>2</sup> (1:100)



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Figura 11-5 - Área de ECOPONTO – 225,00 m<sup>2</sup> (1:100)



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

**Tabela 11-1 – Orçamento para de implantação do ECOPONTO modelo 2 (Figura 11-2)****IMPLANTAÇÃO DO ECOPONTO MODELO 2**Área do Ecoponto modelo 2 = 500 m<sup>2</sup>

Item	Descrição	Un	Ecoponto tipo	Valor base	Ecoponto tipo
			2 A = 500 m <sup>2</sup>	outubro 2015	2 A = 500 m <sup>2</sup>
			Quant.	Custo unitário R\$	Custo total R\$
<b>1</b>	<b>Implantação geral</b>		-		
1.1	Bota-fora de terra	m <sup>3</sup>	90,00	36,45	3.280,50
1.2	Raspagem do terreno	m <sup>2</sup>	500,00	21,87	10.935,00
1.3	Espalhamento de brita	m <sup>3</sup>	25,00	13,37	334,25
1.4	Cercamento do terreno com mourão e mureta	m	84,80	230,37	19.535,38
1.5	Broca diâmetro 25 cm	m	3,00	81,38	244,14
1.6	Portão de caminhões, inclusive com pintura	m <sup>2</sup>	12,00	446,13	5.353,56
<b>2</b>	<b>Área de Resíduos (a)</b>		-	-	-
2.1	Estrutura metálica para fechamentos laterais e cobertura	kg	619,70	25,08	15.541,95
2.2	Telha metálica galvanizada trapezoidal	m <sup>2</sup>	56,30	76,31	4.296,25
2.3	Lastro de brita	m <sup>3</sup>	0,68	214,99	146,28
2.4	Piso estrutural de concreto armado espessura 7 cm	m <sup>2</sup>	22,68	102,66	2.328,33
<b>3</b>	<b>Resíduos Leves</b>		-	-	-
3.1	Lastro de brita	m <sup>3</sup>	0,85	214,99	182,85
3.2	Piso estrutural de concreto armado espessura 7 cm	m <sup>2</sup>	28,35	102,66	2.910,41
3.3	Estrutura metálica para fechamentos laterais	kg	261,50	25,08	6.558,42
3.4	Telha metálica galvanizada trapezoidal	m <sup>2</sup>	33,00	76,31	2.518,23
<b>4</b>	<b>Complementos</b>		-	-	-
4.1	Container Portaria/WC	un	1,00	10.936,49	10.936,49
4.2	Lixeiras para coleta seletiva conjunto com 4 unidades	cj	1,00	3.645,50	3.645,50
4.3	Passeio de concreto	m <sup>3</sup>	2,43	822,62	2.000,61
4.4	Reservatório de água 500 litros	un	1,00	1.008,76	1.008,76
4.5	Instalações hidráulicas AF/Esgoto	vb	1,00	1.944,27	1.944,27
4.6	Instalações elétricas Iluminação/Tomada	vb	1,00	2.916,40	2.916,40
4.7	Caixa de inspeção 60x60 cm	un	1,00	1.579,72	1.579,72
4.8	Fossa séptica	un	1,00	4.198,81	4.198,81
4.9	Sumidouro	un	1,00	934,05	934,05
4.10	Placa do empreendimento (comunicação visual)	un	1,00	5.346,73	5.346,73
4.11	Caixa de medição de Energia	un	1,00	3.030,62	3.030,62
4.12	Cavalete de entrada, entrada de água	un	1,00	1.384,50	1.384,50
	<b>TOTAL PARA 1 ECOPONTO DE 500 m<sup>2</sup></b>				<b>113.092,01</b>

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

**Tabela 11-2 – Orçamento para implantação e operação do ECOPONTO modelo 2 (Figura 11-2) – base 60 meses**

Item	Descrição	Un	ECOPONTO DE 500 m2		
			Quantidade	Custo Unitário R\$	Custo Total R\$
<b>A</b>	<b>OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO</b>				
<b>A.1</b>	<b>EQUIPE DIRETA (INCLUSIVE ENCARGOS, UNIFORMES, BENEFÍCIOS)</b>				<b>8.000,00</b>
A.1.1	Ajudante Geral	hom/mês	2,00	4.000,00	8.000,00
					-
<b>A.2</b>	<b>CONSUMOS OPERACIONAIS</b>				<b>10.500,00</b>
A.2.1	Energia Elétrica	vb/mês	1,00	1.000,00	1.000,00
A.2.2	Água e Esgoto	vb/mês	1,00	500,00	500,00
A.2.3	Comunicação (internet, telefonia fixa, móvel, rádios)	vb/mês	1,00	1.000,00	1.000,00
A.2.4	Despesas Administrativas	vb/mês	1,00	5.000,00	5.000,00
A.2.5	Outras despesas	vb/mês	1,00	2.000,00	2.000,00
A.2.6	Monitoramento da segurança	vb/mês	1,00	1.000,00	1.000,00
					-
	<b>TOTAL PARA OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO - R\$ - Estimativa/mês</b>	<b>MÊS</b>	<b>1,00</b>	<b>18.500,00</b>	<b>18.500,00</b>
	<b>TOTAL PARA OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO - R\$ - Estimativa/60 meses</b>	<b>MÊS</b>	<b>60,00</b>	<b>18.500,00</b>	<b>1.110.000,00</b>
					-
<b>B</b>	<b>IMPLANTAÇÃO DOS ECOPONTOS</b>				<b>113.092,01</b>
B.1	Implantação dos Ecopontos (obras e infraestrutura)	cj	1,00	113.092,01	113.092,01
					-
					-
	<b>TOTAL PARA IMPLANTAÇÃO DO ECOPONTO</b>	<b>vb</b>	<b>1,00</b>	<b>113.092,01</b>	<b>113.092,01</b>
					-
	<b>RESUMO</b>				
	<b>CUSTO TOTAL PARA OPERAÇÃO, MANUTENÇÃO E IMPLANTAÇÃO DE ECOPONTO - PARA 60 MESES DE OPERAÇÃO</b>	<b>mês</b>	<b>60,00</b>	<b>20.384,87</b>	<b>1.223.092,01</b>
	<b>BDI</b>	<b>%</b>	<b>35,00</b>	<b>1.223.092,01</b>	<b>428.082,20</b>
	<b>VALOR TOTAL PARA OPERAÇÃO, MANUTENÇÃO E IMPLANTAÇÃO DE ECOPONTO - PARA 60 MESES DE OPERAÇÃO COM BDI</b>	<b>mês</b>	<b>60,00</b>	<b>27.519,57</b>	<b>1.651.174,21</b>

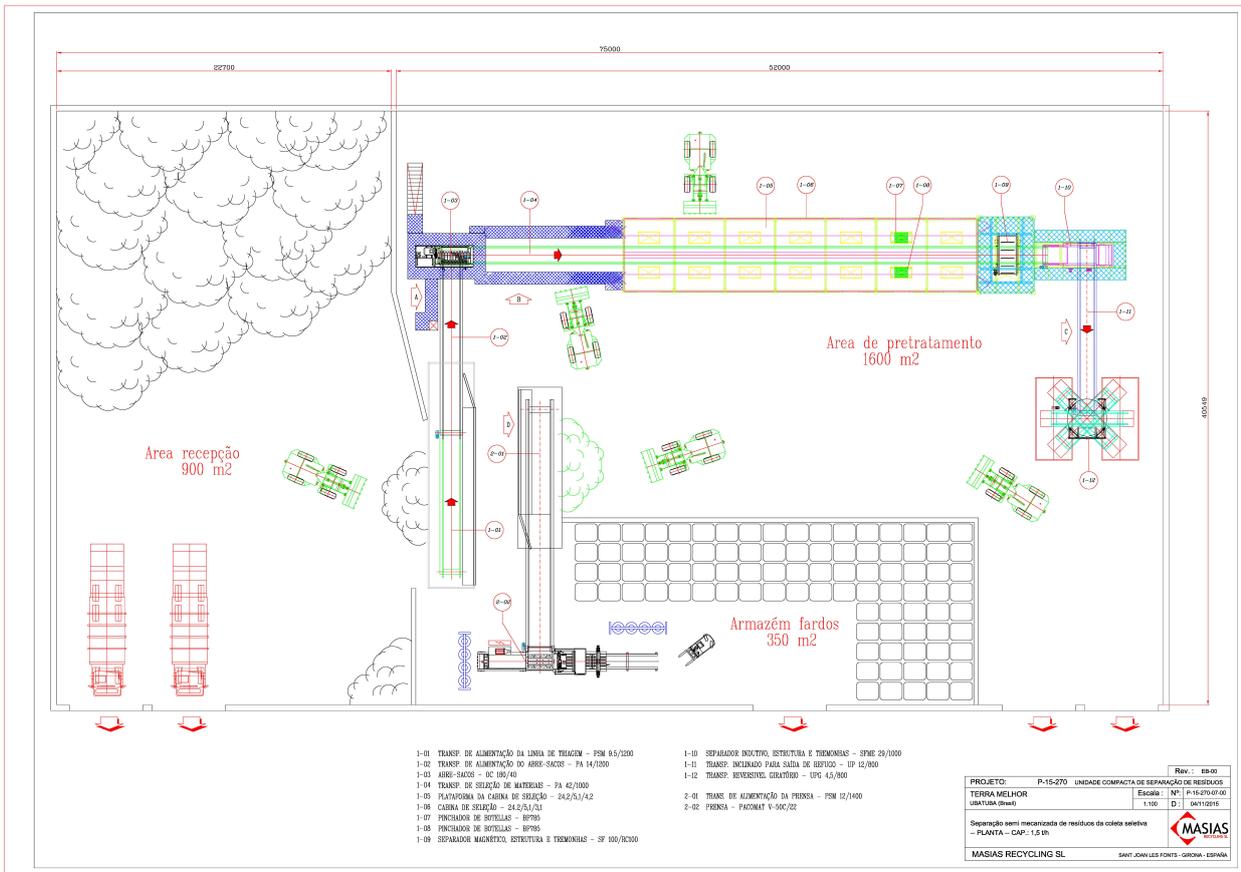
Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

## 11.2 OTIMIZAÇÃO DE TRIAGEM DE RECICLÁVEIS ORIUNDOS DA COLETA SELETIVA

A coleta seletiva no município é realizada pela prefeitura e abrange 28 dos 50 bairros tendo como média diária de coleta cerca de 1 tonelada. Nossa proposta é ampliar a coleta seletiva para que se alcance 8-10 t/d, representando 90-170 t/m, ou seja como 5-9 % da coleta tradicional.

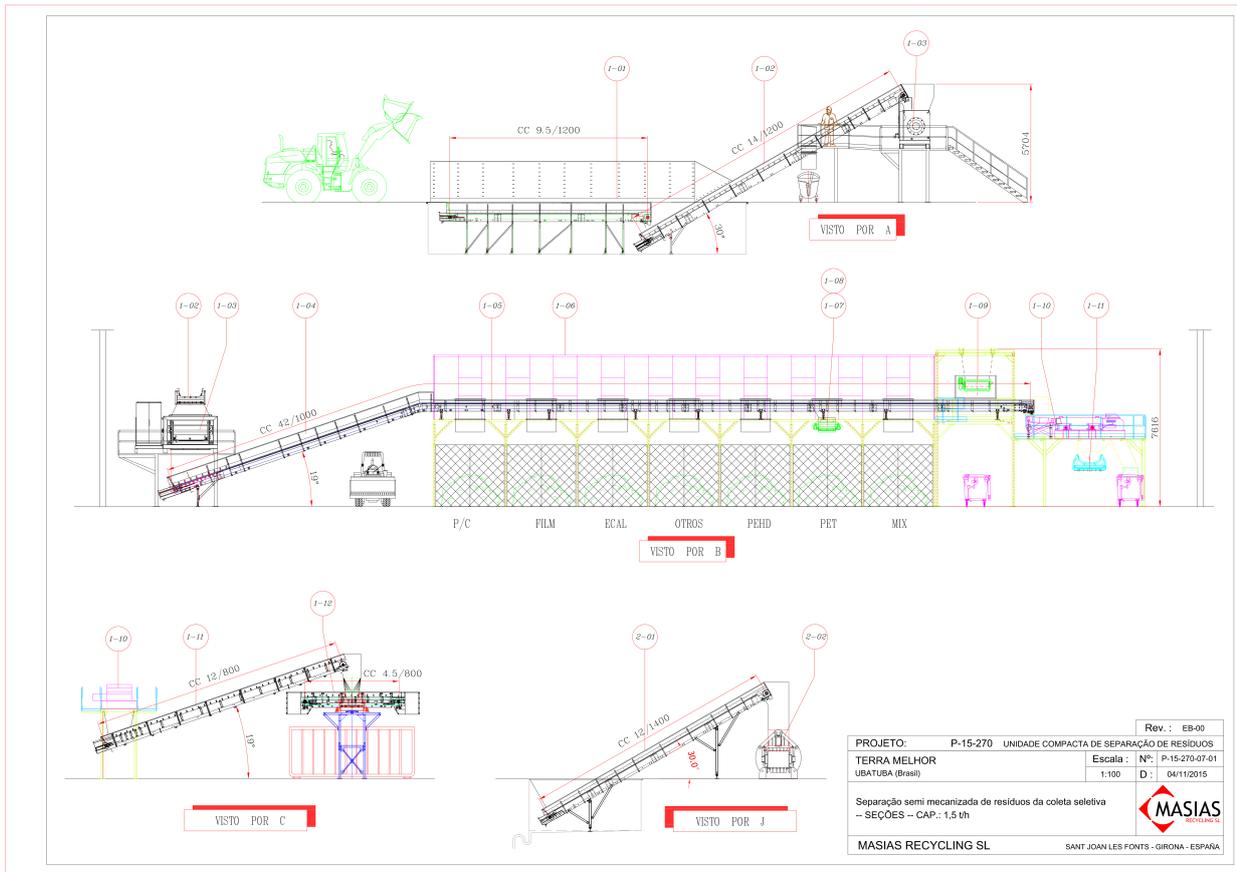
Para tal serão necessários aparelhamento e investimento em um galpão de triagem. As Figura 11-6 a Figura 11-8 em seguida apresentam uma planta de separação de resíduos recicláveis para um projeto de 10 t/d de resíduos advindos da coleta seletiva e assim um turno de trabalho de 7,5 horas, o que resulta em uma quantidade horária entre 1,25 e 1,5 t/h.

**Figura 11-6 – Visão geral da unidade compacta de separação de resíduos recicláveis**



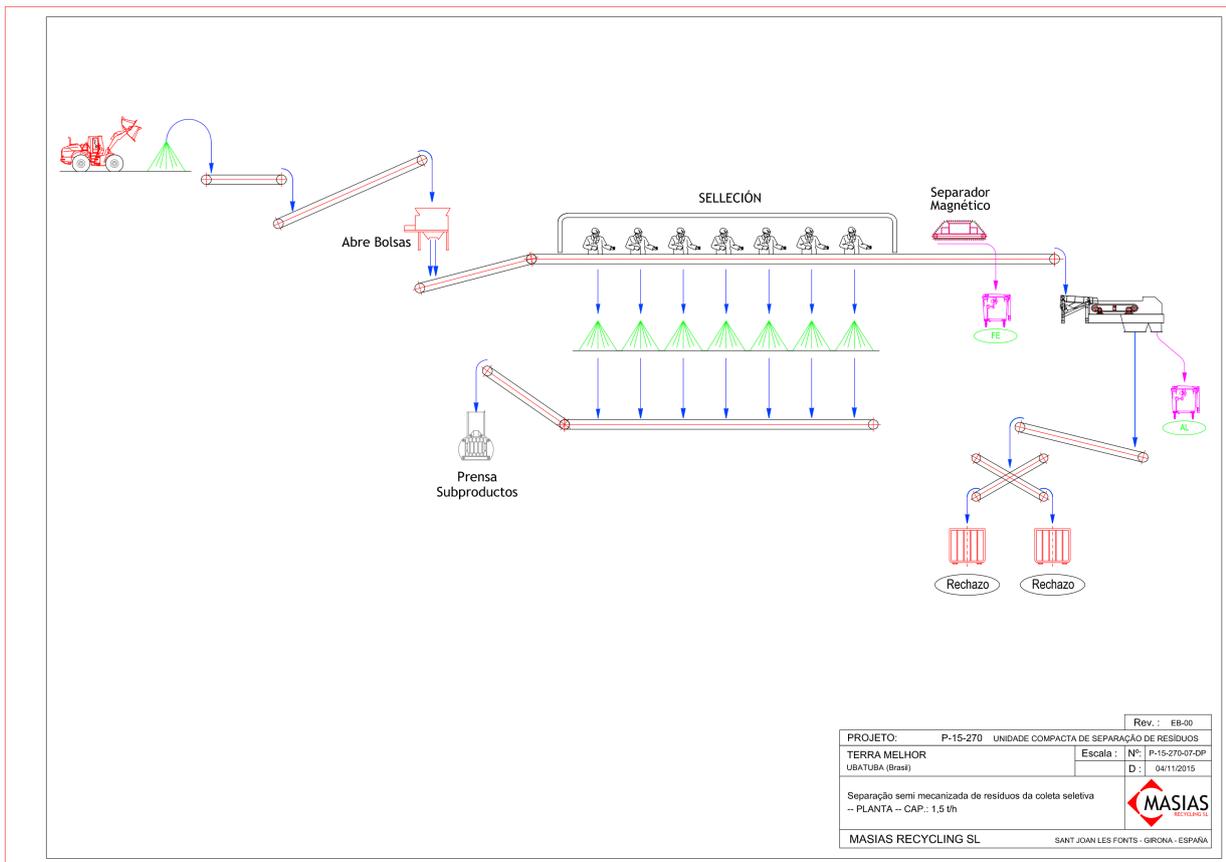
Fonte: MASIAS Recycling SL, 2015.

**Figura 11-7 - Seções transversais – Unidade de separação de recicláveis**



Fonte: MASIAS Recycling SL, 2015.

**Figura 11-8 – Fluxograma resumido do encaminhamento do processo de separação**



**Fonte: MASIAS Recycling SL, 2015.**

A tabela a seguir retrata um orçamento para a implantação e operação da unidade de triagem de recicláveis com área de 3000 m<sup>2</sup> onde irão operar 30 pessoas com uma produtividade de 10 t/d.

**Tabela 11-3 – Orçamento para implantação da unidade de separação de recicláveis**

Item	Descrição	Un			
			Quantidade	Custo Unitário R\$	Custo Total R\$
<b>A</b>	<b>OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO</b>				
<b>A.1</b>	<b>EQUIPE DIRETA (INCLUSIVE ENCARGOS, UNIFORMES, BENEFÍCIOS)</b>				<b>128.000,00</b>
A.1.1	Ajudante Geral	hom/mês	27,00	4.000,00	108.000,00
A.1.2	Encarregado	hom/mês	1,00	8.000,00	8.000,00
A.1.3	Operador	hom/mês	2,00	6.000,00	12.000,00
<b>A.2</b>	<b>CONSUMOS OPERACIONAIS</b>				<b>60.500,00</b>
A.2.1	Energia Elétrica	vb/mês	1,00	1.000,00	1.000,00
A.2.2	Água e Esgoto	vb/mês	1,00	500,00	500,00
A.2.3	Comunicação (internet, telefonia fixa, móvel, rádios)	vb/mês	1,00	1.000,00	1.000,00
A.2.4	Despesas Administrativas	vb/mês	1,00	5.000,00	5.000,00
A.2.5	Outras despesas	vb/mês	1,00	2.000,00	2.000,00
A.2.6	Monitoramento da segurança	vb/mês	1,00	1.000,00	1.000,00
A.2.7	Locação de retroescavadeira com operador e combustível	vb/mês	2,00	25.000,00	50.000,00
	<b>TOTAL PARA OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO - R\$ - Estimativa/mês</b>	<b>MÊS</b>	<b>1,00</b>	<b>188.500,00</b>	<b>188.500,00</b>
	<b>TOTAL PARA OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO - R\$ - Estimativa/60 meses</b>	<b>MÊS</b>	<b>60,00</b>	<b>188.500,00</b>	<b>11.310.000,00</b>
<b>B</b>	<b>IMPLANTAÇÃO DA TRIAGEM - 3000 M<sup>2</sup></b>				<b>6.100.000,00</b>
B.1	Implantação (obras e infraestrutura)	cj	3.000,00	600,00	1.800.000,00
B.2	Equipamento	cj	1,00	4.300.000,00	4.300.000,00
	<b>TOTAL PARA IMPLANTAÇÃO DA TRIAGEM</b>	<b>vb</b>	<b>1,00</b>	<b>6.100.000,00</b>	<b>6.100.000,00</b>
	<b>RESUMO</b>				
	<b>CUSTO TOTAL PARA OPERAÇÃO, MANUTENÇÃO E IMPLANTAÇÃO DA COMPOSTAGEM - PARA 60 MESES DE OPERAÇÃO</b>	<b>mês</b>	<b>60,00</b>	<b>290.166,67</b>	<b>17.410.000,00</b>
	<b>BDI</b>	<b>%</b>	<b>35,00</b>	<b>17.410.000,00</b>	<b>6.093.500,00</b>
	<b>VALOR TOTAL PARA OPERAÇÃO, MANUTENÇÃO E IMPLANTAÇÃO DA COMPOSTAGEM - PARA 60 MESES DE OPERAÇÃO COM BDI</b>	<b>mês</b>	<b>60,00</b>	<b>391.725,00</b>	<b>23.503.500,00</b>

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

### 11.3 COMPOSTAGEM DE VERDES, DE RESÍDUOS DA PESCA, DE RESÍDUOS DE FEIRAS E DE COCOS

A licença de instalação nº 35000056 disponível para a atividade de compostagem remonta a uma capacidade operacional de 10 t/d. Desta forma vimos propor projeto de intervenção imediata para compostagem de resíduos verdes, de pesca, feiras e cocos e lodos totalizando 8 t/d a serem processadas. Com a implantação deste projeto serão gerados cerca de 45 t/m de composto de qualidade superior, com granulometria < 20 mm e 50 t/m de frações com granulometria média variando entre 20-40mm e ainda outras 30 t/m de frações com granulometria entre 40-60 mm.



Considerando a possível presença de contaminantes na forma de plásticos, vidros, temos que as frações 0-40 mm serão entendidas como àquelas com potencial de emprego como composto (45 t/m) ou durante remediação de áreas (50 t/m).

Avaliando os valores estimados da geração de alguns resíduos específicos temos uma potencialidade para uma captação descomplicada de orgânicos altamente selecionados, como segue:

**Tabela 11-4 – Potencialidade de geração de resíduos específicos**

<b>Características</b>	<b>Geração t/a</b>
Verdes	1.440
Peixes	100
Feiras	72
Lodos sabesp	690
Lodos coambiental	55
Total anual	2.400 t
Total mensal	200 t
Total diário	8 t

**Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.**

Segundo dados do Censo Agropecuário LUPA de 2007/2008, a área agrícola de Ubatuba era de 6.843 ha. Para avaliação do potencial de emprego do composto podemos tomar como referência a recomendação de esterco de curral na ordem de 15 a 20 t por ha, teríamos um total de: 102.645 a 136.860 toneladas/ano, ou seja, 8.553 a 11.445 t/m, representando uma potencialidade de emprego de 100 % da quantidade estimada de composto a ser produzido tanto na fase de intervenção imediata até mesmo durante o projeto integral.

Ou seja, o mercado de Ubatuba detém alto potencial para escoamento do composto, possuindo demanda suficiente para garantir a destinação integral do composto < 20 mm que poderia ser produzido na planta TMB, respectivamente cerca de 9.000 t/a, e mesmo alguma aplicação para as frações entre 20-40 mm, estas na ordem de 9.800 t/a. Portanto apenas as parcelas > 40 mm (6.500 t/a) e uma parcela das frações 20-40mm deverão ser destinadas ao aterramento.



Tabela 11-5 - Orçamento para a implantação da compostagem

### IMPLANTAÇÃO DA COMPOSTAGEM

Área da Compostagem = 1000 m<sup>2</sup>

Item	Descrição	Un			Valor base	Custo total R\$
			500 m <sup>2</sup>	1000 m <sup>2</sup>	outubro 2015	
			Quant.		Custo unitário R\$	
1	Implantação geral		-			
1.1	Bota-fora de terra	m <sup>3</sup>	90,00	180,00	36,45	6.561,00
1.2	Raspagem do terreno	m <sup>2</sup>	500,00	1.000,00	21,87	21.870,00
1.3	Espalhamento de brita	m <sup>3</sup>	25,00	50,00	13,37	668,50
1.4	Cercamento do terreno com mourão e mureta	m	84,80	169,60	230,37	39.070,75
1.5	Broca diâmetro 25 cm	m	3,00	6,00	81,38	488,28
1.6	Portão de caminhões, inclusive com pintura	m <sup>2</sup>	12,00	24,00	446,13	10.707,12
2	Área de Resíduos (a)		-	-	-	-
2.1	Estrutura metálica para fechamentos laterais e cobertura	kg	619,70	1.239,39	25,08	31.083,90
2.2	Telha metálica galvanizada trapezoidal	m <sup>2</sup>	56,30	112,60	76,31	8.592,51
2.3	Lastro de brita	m <sup>3</sup>	0,68	1,36	214,99	292,56
2.4	Piso estrutural de concreto armado espessura 7 cm	m <sup>2</sup>	22,68	45,36	102,66	4.656,66
3	Resíduos Leves		-	-	-	-
3.1	Lastro de brita	m <sup>3</sup>	0,85	1,70	214,99	365,70
3.2	Piso estrutural de concreto armado espessura 7 cm	m <sup>2</sup>	28,35	56,70	102,66	5.820,82
3.3	Estrutura metálica para fechamentos laterais	kg	261,50	523,00	25,08	13.116,84
3.4	Telha metálica galvanizada trapezoidal	m <sup>2</sup>	33,00	66,00	76,31	5.036,46
4	Complementos		-	-	-	-
4.1	Container Portaria/WC	un	1,00	2,00	10.936,49	21.872,98
4.2	Lixeiras para coleta seletiva conjunto com 4 unidades	cj	1,00	2,00	3.645,50	7.291,00
4.3	Passeio de concreto	m <sup>3</sup>	2,43	4,86	822,62	4.001,22
4.4	Reservatório de água 500 litros	un	1,00	2,00	1.008,76	2.017,52
4.5	Instalações hidráulicas AF/Esgoto	vb	1,00	2,00	1.944,27	3.888,54
4.6	Instalações elétricas Iluminação/Tomada	vb	1,00	2,00	2.916,40	5.832,80
4.7	Caixa de inspeção 60x60 cm	un	1,00	2,00	1.579,72	3.159,44
4.8	Fossa séptica	un	1,00	2,00	4.198,81	8.397,62
4.9	Sumidouro	un	1,00	2,00	934,05	1.868,10
4.10	Placa do empreendimento (comunicação visual)	un	1,00	2,00	5.346,73	10.693,46
4.11	Caixa de medição de Energia	un	1,00	2,00	3.030,62	6.061,24
4.12	Cavalete de entrada, entrada de água	un	1,00	2,00	1.384,50	2.769,00
	<b>TOTAL PARA 1000 M<sup>2</sup></b>					<b>226.184,02</b>

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

**Tabela 11-6 – Orçamento estimativa com operação e manutenção de planta de compostagem**

Item	Descrição	Un			
			Quantidade	Custo Unitário R\$	Custo Total R\$
<b>A</b>	<b>OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO</b>				
<b>A.1</b>	<b>EQUIPE DIRETA (INCLUSIVE ENCARGOS, UNIFORMES, BENEFÍCIOS)</b>				<b>28.000,00</b>
A.1.1	Ajudante Geral	hom/mês	2,00	4.000,00	8.000,00
A.1.2	Encarregado	hom/mês	1,00	8.000,00	8.000,00
A.1.3	Operador	hom/mês	2,00	6.000,00	12.000,00
<b>A.2</b>	<b>CONSUMOS OPERACIONAIS</b>				<b>35.500,00</b>
A.2.1	Energia Elétrica	vb/mês	1,00	1.000,00	1.000,00
A.2.2	Água e Esgoto	vb/mês	1,00	500,00	500,00
A.2.3	Comunicação (internet, telefonia fixa, móvel, rádios)	vb/mês	1,00	1.000,00	1.000,00
A.2.4	Despesas Administrativas	vb/mês	1,00	5.000,00	5.000,00
A.2.5	Outras despesas	vb/mês	1,00	2.000,00	2.000,00
A.2.6	Monitoramento da segurança	vb/mês	1,00	1.000,00	1.000,00
A.2.7	Locação de retroescavadeira com operador e combustível	vb/mês	1,00	25.000,00	25.000,00
	<b>TOTAL PARA OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO - R\$ - Estimativa/mês</b>	<b>MÊS</b>	<b>1,00</b>	<b>63.500,00</b>	<b>63.500,00</b>
	<b>TOTAL PARA OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO - R\$ - Estimativa/60 meses</b>	<b>MÊS</b>	<b>60,00</b>	<b>63.500,00</b>	<b>3.810.000,00</b>
<b>B</b>	<b>IMPLANTAÇÃO DA COMPOSTAGEM</b>				<b>1.606.184,02</b>
B.1	Implantação da compostagem (obras e infraestrutura)	cj	1,00	226.184,02	226.184,02
B.2	Equipamento de compostagem	cj	6,00	80.000,00	480.000,00
B.3	Peneira	cj	1,00	500.000,00	500.000,00
B.4	Triturador	cj	1,00	400.000,00	400.000,00
	<b>TOTAL PARA IMPLANTAÇÃO DA COMPOSTAGEM</b>	<b>vb</b>	<b>1,00</b>	<b>1.606.184,02</b>	<b>1.606.184,02</b>
	<b>RESUMO</b>				
	<b>CUSTO TOTAL PARA OPERAÇÃO, MANUTENÇÃO E IMPLANTAÇÃO DA COMPOSTAGEM - PARA 60 MESES DE OPERAÇÃO</b>	<b>mês</b>	<b>60,00</b>	<b>90.269,73</b>	<b>5.416.184,02</b>
	<b>BDI</b>	<b>%</b>	<b>35,00</b>	<b>5.416.184,02</b>	<b>1.895.664,41</b>
	<b>VALOR TOTAL PARA OPERAÇÃO, MANUTENÇÃO E IMPLANTAÇÃO DA COMPOSTAGEM - PARA 60 MESES DE OPERAÇÃO COM BDI</b>	<b>mês</b>	<b>60,00</b>	<b>121.864,14</b>	<b>7.311.848,43</b>

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

**Figura 11-9 – Tecnologia de compostagem - Contêiner**



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

#### **11.4 RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL**

A licença de instalação nº 35000055 disponível para a atividade de reciclagem de construção civil remonta a uma capacidade operacional de 30 t/d. Desta forma, vimos propor projeto de intervenção imediata para reciclagem de 30 t/d de RCC.

**Tabela 11-7 – Orçamento para a implantação da reciclagem de RCC****IMPLANTAÇÃO DA RECICLAGEM DE RCC**Área da reciclagem = 1000 m<sup>2</sup>

Item	Descrição	Un	500 m <sup>2</sup>	1000 m <sup>2</sup>	Valor base outubro 2015	1000 m <sup>2</sup>
			Quant.		Custo unitário R\$	Custo total R\$
1	Implantação geral		-			
1.1	Bota-fora de terra	m <sup>3</sup>	90,00	180,00	36,45	6.561,00
1.2	Raspagem do terreno	m <sup>2</sup>	500,00	1.000,00	21,87	21.870,00
1.3	Espalhamento de brita	m <sup>3</sup>	25,00	50,00	13,37	668,50
1.4	Cercamento do terreno com mourão e mureta	m	84,80	169,60	230,37	39.070,75
1.5	Broca diâmetro 25 cm	m	3,00	6,00	81,38	488,28
1.6	Portão de caminhões, inclusive com pintura	m <sup>2</sup>	12,00	24,00	446,13	10.707,12
2	Área de Resíduos (a)		-	-	-	-
2.1	Estrutura metálica para fechamentos laterais e cobertura	kg	619,70	1.239,39	25,08	31.083,90
2.2	Telha metálica galvanizada trapezoidal	m <sup>2</sup>	56,30	112,60	76,31	8.592,51
2.3	Lastro de brita	m <sup>3</sup>	0,68	1,36	214,99	292,56
2.4	Piso estrutural de concreto armado espessura 7 cm	m <sup>2</sup>	22,68	45,36	102,66	4.656,66
3	Resíduos Leves		-	-	-	-
3.1	Lastro de brita	m <sup>3</sup>	0,85	1,70	214,99	365,70
3.2	Piso estrutural de concreto armado espessura 7 cm	m <sup>2</sup>	28,35	56,70	102,66	5.820,82
3.3	Estrutura metálica para fechamentos laterais	kg	261,50	523,00	25,08	13.116,84
3.4	Telha metálica galvanizada trapezoidal	m <sup>2</sup>	33,00	66,00	76,31	5.036,46
4	Complementos		-	-	-	-
4.1	Container Portaria/WC	un	1,00	2,00	10.936,49	21.872,98
4.2	Lixeiras para coleta seletiva conjunto com 4 unidades	cj	1,00	2,00	3.645,50	7.291,00
4.3	Passeio de concreto	m <sup>3</sup>	2,43	4,86	822,62	4.001,22
4.4	Reservatório de água 500 litros	un	1,00	2,00	1.008,76	2.017,52
4.5	Instalações hidráulicas AF/Esgoto	vb	1,00	2,00	1.944,27	3.888,54
4.6	Instalações elétricas Iluminação/Tomada	vb	1,00	2,00	2.916,40	5.832,80
4.7	Caixa de inspeção 60x60 cm	un	1,00	2,00	1.579,72	3.159,44
4.8	Fossa séptica	un	1,00	2,00	4.198,81	8.397,62
4.9	Sumidouro	un	1,00	2,00	934,05	1.868,10
4.10	Placa do empreendimento (comunicação visual)	un	1,00	2,00	5.346,73	10.693,46
4.11	Caixa de medição de Energia	un	1,00	2,00	3.030,62	6.061,24
4.12	Cavalete de entrada, entrada de água	un	1,00	2,00	1.384,50	2.769,00
	<b>TOTAL PARA 1000 M<sup>2</sup></b>					<b>226.184,02</b>

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

**Tabela 11-8 – Orçamento estimativo com operação e manutenção de planta de reciclagem de RCC**

Item	Descrição	Un			
			Quantidade	Custo Unitário R\$	Custo Total R\$
<b>A</b>	<b>OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO</b>				
<b>A.1</b>	<b>EQUIPE DIRETA (INCLUSIVE ENCARGOS, UNIFORMES, BENEFÍCIOS)</b>				<b>28.000,00</b>
A.1.1	Ajudante Geral	hom/mês	2,00	4.000,00	8.000,00
A.1.2	Encarregado	hom/mês	1,00	8.000,00	8.000,00
A.1.3	Operador	hom/mês	2,00	6.000,00	12.000,00
<b>A.2</b>	<b>CONSUMOS OPERACIONAIS</b>				<b>35.500,00</b>
A.2.1	Energia Elétrica	vb/mês	1,00	1.000,00	1.000,00
A.2.2	Água e Esgoto	vb/mês	1,00	500,00	500,00
A.2.3	Comunicação (internet, telefonia fixa, móvel, rádios)	vb/mês	1,00	1.000,00	1.000,00
A.2.4	Despesas Administrativas	vb/mês	1,00	5.000,00	5.000,00
A.2.5	Outras despesas	vb/mês	1,00	2.000,00	2.000,00
A.2.6	Monitoramento da segurança	vb/mês	1,00	1.000,00	1.000,00
A.2.7	Locação de retroscavadeira com operador e combustível	vb/mês	1,00	25.000,00	25.000,00
	<b>TOTAL PARA OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO - R\$ - Estimativa/mês</b>	<b>MÊS</b>	<b>1,00</b>	<b>63.500,00</b>	<b>63.500,00</b>
	<b>TOTAL PARA OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO - R\$ - Estimativa/60 meses</b>	<b>MÊS</b>	<b>60,00</b>	<b>63.500,00</b>	<b>3.810.000,00</b>
<b>B</b>	<b>IMPLANTAÇÃO DA RECICLAGEM DE RCC</b>				<b>1.426.184,02</b>
B.1	Implantação (obras e infraestrutura)	cj	1,00	226.184,02	226.184,02
B.2	Equipamento de britagem	cj	1,00	800.000,00	800.000,00
B.3	Peneira	cj	1,00	400.000,00	400.000,00
	<b>TOTAL PARA IMPLANTAÇÃO DA RECICLAGEM DE RCC</b>	<b>vb</b>	<b>1,00</b>	<b>1.426.184,02</b>	<b>1.426.184,02</b>
	<b>RESUMO</b>				
	<b>CUSTO TOTAL PARA OPERAÇÃO, MANUTENÇÃO E IMPLANTAÇÃO DA RECICLAGEM DE RCC - PARA 60 MESES DE OPERAÇÃO</b>	<b>mês</b>	<b>60,00</b>	<b>87.269,73</b>	<b>5.236.184,02</b>
	<b>BDI</b>	<b>%</b>	<b>35,00</b>	<b>5.236.184,02</b>	<b>1.832.664,41</b>
	<b>VALOR TOTAL PARA OPERAÇÃO, MANUTENÇÃO E IMPLANTAÇÃO DA RECICLAGEM DE RCC - PARA 60 MESES DE OPERAÇÃO COM BDI</b>	<b>mês</b>	<b>60,00</b>	<b>117.814,14</b>	<b>7.068.848,43</b>

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.



## 12 Conclusões

As práticas de tratamento tomaram força no mercado global a partir do entendimento de que os aterros tem um potencial de influência nas emissões de gases de efeito estufa elevado, as práticas de engenharia não conseguem afastar o potencial de contaminação a médio e longo prazo, as ações de manutenção após o encerramento são onerosas, os recursos naturais estão se tornando cada vez mais valorizados portanto o mercado de recursos secundários tem ganhado força devido a este fato, o valor dos recursos energéticos estão cada vez mais caros, a demanda alimentícia está acentuada para o atendimento de uma população que cresce de forma desenfreada e a sociedade tem se tornado mais sensível as ações que determinam a proteção e preservação ambiental.

A combinação de todos estes fatores gerou uma onda de âmbito global extremamente contaminante, variando entre países de alta industrialização, como a Alemanha, até países com baixo desenvolvimento como o Haiti que exporta seus recicláveis para o Paquistão. Todos em prol da recuperação dos materiais a partir da mola propulsora da economia verde. O mercado tem motivado estas novas práticas. Podemos apresentar um rol de argumentos para a valorização dos resíduos, mas o que efetivamente movimentará o sistema é o entendimento de que existe uma cadeia econômica intensa neste segmento de mercado. A sociedade pode amparar as novas práticas, o poder público pode garantir através de política pública a implementação dos novos sistemas, porém a sustentabilidade dos novos processos de tratamento só estará garantida quando da aceitação e confiança do mercado.

Cidades brasileiras de médio porte já firmaram contratos para implantação de sistemas de valorização de resíduos onde as tecnologias escolhidas foram preferencialmente o tratamento mecânico e biológico com duas variações na forma de incineração. Estes contratos atendem populações que variam de 200.000 a 900.000 habitantes. Diversos editais estão em elaboração, inclusive para a cidade de São Paulo que apesar de sua magnitude de geração, também escolheu o tratamento mecânico e biológico como sua principal rota tecnológica.

Estamos vivenciando um momento divisor de águas, reconhecimento do mercado, político e da sociedade, tecnologias amadurecidas, políticas de proteção e preservação ambiental, geração de empregos verdes fomentando a inclusão social, todos fatores positivos para o amparo da introdução da gestão sustentável de resíduos sólidos, mas não podemos nos omitir frente ao nosso maior gargalo que é insuficiência de capacidade técnica do mercado brasileiro para o recebimento destes novos sistemas.

É neste ponto que devemos concentrar nossos esforços, formar câmaras de trabalho em todos os níveis, introduzir a educação ambiental de forma multidisciplinar e transversal seja na educação formal seja na informal, promover parcerias de pesquisa e capacitação, empregar os meios midiáticos para fins de disseminar e democratizar



as informações, firmar acordos institucionais para compartilhamento das experiências, fomentar congressos, seminários e workshops técnicos facilitando o acesso e as discussões entre os técnicos do setor, permitir que a sociedade tenha acesso as novas plantas para que possa vivenciar a transformação dos resíduos, fazendo com que cada cidadão se torne um agente multiplicador.

A princípio estas tarefas são de fácil empregabilidade, porém pressupõem vontade e persistência, características estas escassas em nosso meio político, acostumado a desfazer ações de antecessores. Cabe então a sociedade como um todo, exigir intervenções comprometidas com a qualidade e durabilidade do sistema, até porque a capacitação técnica é a única ferramenta para garantir a continuidade das plantas de tratamento.

Portanto, a implementação do projeto de tratamento mecânico e biológico desenvolverá expertise em diversas frentes garantindo assim um meio ambiente sustentável, promovendo nossas indústrias, gerando empregos verdes e preservando nossas gerações futuras devido à proteção dos recursos naturais e do clima.

A Iniciativa Economia Verde do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (Pnuma), lançada em 2008, concebe a Economia Verde como aquela que resulta em melhoria do bem-estar humano e da igualdade social, ao mesmo tempo em que reduz significativamente os riscos ambientais e a escassez ecológica. Ela tem três características preponderantes: é pouco intensiva em carbono, eficiente no uso de recursos naturais e socialmente inclusiva.

Para alcançar estes pressupostos precisaremos reinventar nossa estrutura econômica, passando não apenas a valorizar os recursos secundários mas sobretudo garantir a inclusão de um setor social formado como associações/cooperativas (economia solidária) durante a promoção da gestão sustentável de resíduos sólidos e ainda formar parcerias com o setor privado para que este também introduza os novos conceitos de valorização em suas práticas econômicas, assumindo assim, em caráter voluntário compromissos sócio-ambientais.