



ANÁLISE DE MECANISMOS DE VIABILIZAÇÃO DE UMA INDÚSTRIA DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO RIO DE JANEIRO

Dayanne Evelyn Firmo de Oliveira

Monografia em Engenharia Química

Orientadores

Flavia Alves

José Vitor Bomtempo

Dezembro de 2017

ANÁLISE DE MECANISMOS DE VIABILIZAÇÃO DE UMA INDÚSTRIA DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO RIO DE JANEIRO

Dayanne Evelyn Firmo de Oliveira

Monografia em Engenharia Química submetida ao Corpo Docente da Escola de Química, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Química.

Aprovado por

Fernanda Cardoso

José Eduardo Andrade

Susanne Hoffmann

Orientado por

Flávia Chaves Alves

José Vitor Bontempo

Rio de Janeiro, RJ – Brasil

Dezembro de 2017

Oliveira, Dayanne Evelyn Firmo

Análise de mecanismos de viabilização de uma indústria de tratamento de resíduos sólidos urbanos no Rio de Janeiro / Dayanne Evelyn Firmo Oliveira. -- Rio de Janeiro, 2017. ix, 68 p,il

Orientador: Flávia Chaves Alves. Co-orientador: José Vitor Bomtempo. (Monografia - Engenharia Química) -- Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, 2017.

1. Introdução. 2. Panorama dos Resíduos Sólidos Urbanos. 3. Revisão Bibliográfica: Mecanismos de Viabilização da Planta Industrial. 4. Discussão dos Resultados 5. Conclusão

*“Mas esforçai-vos e não desfaleçam as vossas mãos, porque a vossa obra tem
uma recompensa.”*

2Crônicas 15:7

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer a Deus por ter me concedido a aprovação no vestibular e a oportunidade de realizar meus estudos aqui. Sou muito grata a Deus por me capacitar durante toda a graduação e por Seu sustento todas as vezes que eu achava que não tinha mais forças para continuar. Mas continuei, graças à Ele, e hoje estou aqui.

Em seguida, agradeço à minha mãe Cláudia e meu padrasto Maxwell por me apoiarem em todos esses 5 anos, pelo investimento que fizeram à mim e à minha educação, e o mais importante por acreditarem no meu potencial. Agradeço à minha irmã Carol pelo apoio incondicional em todos os momentos e pela sua presença e companhia durante minha trajetória de vida.

Às minhas amigas de vida e irmãs de coração, Aline e Mayli pela dedicação à nossa amizade e por ela ter continuado firme e forte ainda que tenhamos seguido caminhos diferentes. Às amigas que conquistei na UFRJ que certamente seguirão após a formatura, Larissa e Kamilla, por tornarem o ambiente acadêmico mais ameno, mais tranquilo e seguro de se passar por simplesmente saber que posso contar com elas.

Agradeço também aos professores que de alguma maneira ensinaram mais do que as disciplinas que lecionavam. Ensinaram pelo exemplo de profissional e de ser humano, pelo respeito e compreensão. Agradeço aos orientadores Flavia Alves e José Vitor pela paciência e por toda ajuda concedida na elaboração deste trabalho. E o meu muito obrigada também à cada um dos participantes da banca, que prontamente aceitaram o convite.

Sou grata por ter chegado aqui. Sou grata por cada vitória, por cada conquista, mas também grata pelas dificuldades superadas, porque foram essa mistura de bons e ruins momentos que formaram em mim uma pessoa mais forte e preparada para os desafios da vida.

Resumo da Monografia apresentada à Escola de Química como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Engenharia Química com ênfase na área de Gestão e Regulação na Indústria de Petróleo.

ANÁLISE DE MECANISMOS DE VIABILIZAÇÃO DE UMA INDÚSTRIA DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO RIO DE JANEIRO

Dayanne Evelyn Firmo de Oliveira

Dezembro, 2017

Orientador: Flávia Chaves Alves e José Vitor Bomtempo

Em tempos de crescente taxa de geração de resíduos per capita somados a escassez de espaços apropriados para a construção de aterros nos grandes centros urbanos, surge como alternativa, a implantação de unidades industriais que promovam o tratamento de resíduos sólidos urbanos. Entretanto, seguindo o modelo das plantas de biometanização da Europa, a viabilidade desse empreendimento está vinculada a um subsídio governamental a ser pago, por tonelada de RSU a ser tratado. Como esse valor corresponde a 5 vezes mais ao valor que é pago para o aterramento do lixo, a viabilização da planta fica condicionada a decisão do Governo de aceitar pagar mais caro por isso. Dessa maneira, foram propostos mecanismos auxiliares da viabilização da planta que: a) justifiquem o desvio de RSU de aterro para a planta em questão devido as externalidades positivas geradas nesse processo; e b) contribuam reduzindo o valor desse subsídio. Sendo assim, ao analisar tais mecanismos e seus impactos gerados por esse empreendimento em diferentes áreas, foi possível verificar a relevância destes na viabilização da planta, considerando o atual cenário bem como os desafios e limitações enfrentadas por essa indústria.

Sumário

1. INTRODUÇÃO	1
2. PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	4
2.1 EXEMPLOS MUNDIAIS	5
2.1.1. <i>Alemanha</i>	6
2.1.2. <i>Suécia</i>	7
2.1.3. <i>São Francisco, EUA</i>	10
2.2. PANORAMA BRASILEIRO	11
2.3. O ESTADO DO RIO DE JANEIRO	13
2.4. GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	17
2.4.1. <i>Compostagem</i>	18
2.4.2. <i>Reciclagem</i>	20
2.4.3. <i>Bio metanização</i>	21
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA: MECANISMOS DE VIABILIZAÇÃO DA PLANTA INDUSTRIAL ...	24
3.1. A PLANTA INDUSTRIAL	24
3.2. MECANISMOS DE REDUÇÃO DO <i>GATE FEE</i>	31
3.2.1. <i>Créditos de Carbono</i>	31
3.2.2. <i>Incentivos fiscais</i>	36
3.3. MECANISMOS QUE JUSTIFICAM O PAGAMENTO DO <i>GATE FEE</i>	38
3.3.1. <i>Aumento da vida útil do aterro</i>	38
3.3.2. <i>Economia de aterro</i>	38
3.3.3. <i>Contribuição à Sustentabilidade Ambiental e do Marketing verde</i>	38
3.3.4. <i>Geração de empregos e o desenvolvimento das condições de trabalho</i>	39
3.3.5. <i>Relação saúde - meio ambiente</i>	40
4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	41
4.1. REDUÇÃO DO VALOR DO <i>GATE FEE</i>	42
4.1.1. <i>Créditos de Carbono</i>	42

4.1.2.	<i>Arrecadação Tributária</i>	44
4.2.	JUSTIFICATIVAS PARA O PAGAMENTO DO <i>GATE FEE</i>	46
4.2.1.	<i>Aumento da vida útil do aterro</i>	46
4.2.2.	<i>Economia de Aterro</i>	49
4.2.3.	<i>Geração de empregos e o desenvolvimento das condições de trabalho</i>	50
4.2.4.	<i>Contribuição à Sustentabilidade Ambiental e do Marketing Verde</i>	51
4.2.5.	<i>Saúde e Meio Ambiente</i>	52
4.2.6.	<i>Resumo dos Resultados</i>	54
5.	CONCLUSÃO	57
	APÊNDICE A.....	68
	PAÍSES DO ANEXO I DO PROTOCOLO DE KYOTO	68

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: COMPOSIÇÃO DO BIOGÁS (% EM VOLUME)	21
TABELA 2: PORCENTAGEM DAS FRAÇÕES DE RSU DESTINADAS A CADA ETAPA DO PROCESSO.....	28
TABELA 3: QUANTIDADE PRODUZIDA E RECEITA GERADA POR PRODUTOS.	30
TABELA 4: POTENCIAL DE AQUECIMENTO GLOBAL DOS GEE.	34
TABELA 5: DOENÇAS RELACIONADAS COM A ÁGUA	53
TABELA 6: DOENÇAS RELACIONADAS COM O LIXO E TRANSMITIDAS POR VETORES	53
TABELA 7: RESUMO DOS IMPACTOS GERADOS PELOS MECANISMOS DE VIABILIZAÇÃO DA PLANTA E SUAS RESPECTIVAS RELEVÂNCIAS.....	55

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1: INDICADORES DE DESEMPENHO DAS PLANTAS ANALISADAS.....	26
QUADRO 2: CUSTOS ENVOLVIDOS NAS ETAPAS DE EMISSÃO DOS CER	35
QUADRO 3: DRE PROJETADA DA PLANTA PARA OS PRÓXIMOS 12 ANOS	45
QUADRO 4: TOTAL DO RSU GERADO POR ANO NA REGIÃO PRÓXIMA DA PLANTA SUGERIDA.....	47

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: GERAÇÃO DE RSU PER CAPTA (KG/HAB/DIA).....	1
FIGURA 2: PERFIL DE DESTINAÇÃO DE RSU PARA ATERROS, INCINERAÇÃO E RECICLAGEM NA ALEMANHA (MILHÕES DE TONELADAS).....	7
FIGURA 3: DESENVOLVIMENTO DE ATERROS E INCINERAÇÃO DE RSU NA SUÉCIA	9
FIGURA 4: SISTEMA ENVAC	10
FIGURA 5: DISPOSIÇÃO FINAL DOS RSU COLETADOS NO BRASIL EM 2014.....	12
FIGURA 6: SITUAÇÃO DA DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO	14
FIGURA 7: PROJEÇÃO DE TONELADA DESVIADA DO ATERRO POR MÊS NO RIO DE JANEIRO	15
FIGURA 8: MUNICÍPIOS DO RIO DE JANEIRO COM LIXÕES EM OPERAÇÃO	16
FIGURA 9: FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE COMPOSTAGEM.....	19
FIGURA 10: DIAGRAMA BÁSICO DE UMA PLANTA VALORGA.....	27
FIGURA 11: EVOLUÇÃO DA CARGA TRIBUTÁRIA BRASILEIRA (% DO PIB)	37

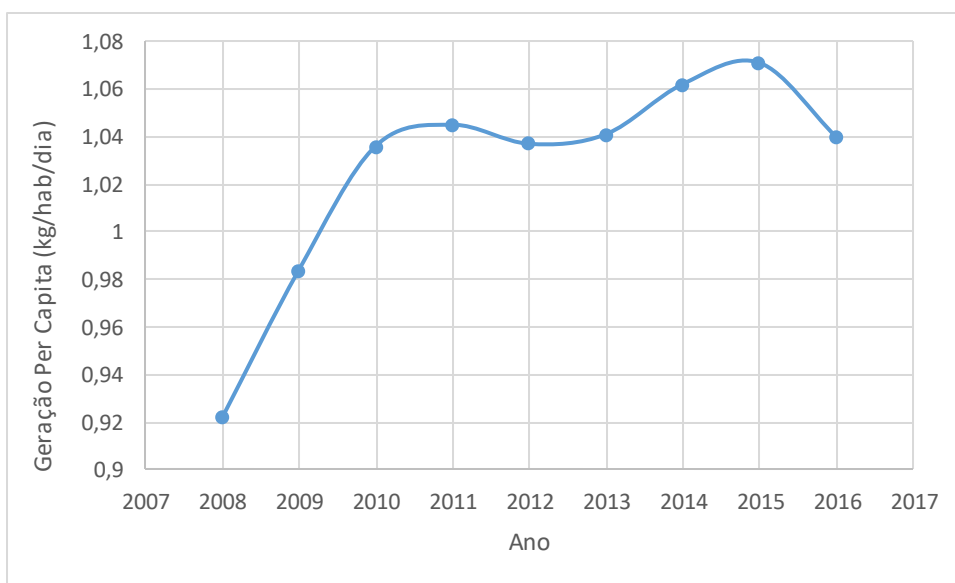
1. Introdução

A disposição final dos resíduos urbanos é um dos graves problemas ambientais enfrentados pelos grandes centros urbanos em todo mundo e tende a agravar-se com o aumento do consumo de bens descartáveis, que passam cada vez mais a compor os grandes volumes de lixo gerados pela população (ENSINAS, 2003).

Essa desenfreada geração de resíduos se dá através do aumento populacional, do crescimento desordenado das grandes cidades e do crescimento gradativo dos bens de consumo popularizados pelo aumento da produção industrial.

Como a tendência de geração de RSU é de crescimento, como pode ser observado na figura 1, sua destinação final assume primordial importância nessa cadeia. Pois, como resultado das etapas anteriores à disposição final, esta última etapa é caracterizada por uma maior perenidade, uma vez que os resíduos, se não gerenciados de maneira adequada, emitem descontroladamente os gases produzidos através da decomposição anaeróbia, além de acarretar problemas ambientais, como poluição do ar, solo e cursos d'água, redução da camada de ozônio e danos à saúde da população.

Figura 1: Geração de RSU per capita (kg/hab/dia)



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da ABELPRE

Dessa forma, muitos países, atualmente, adotam práticas que otimizam o reaproveitamento dos resíduos, reduzindo assim o volume de rejeitos dispostos em aterros

sanitários. Essas práticas vêm tornando-se cada vez mais frequentes devido ao potencial que os resíduos têm em gerar receitas, principalmente pela produção de biogás através de sua digestão aeróbica.

Atualmente, no Brasil, o aterramento dos RSU ainda é a forma mais utilizada de disposição final do lixo, devido principalmente ao seu baixo custo e a facilidade de execução quando comparada às outras formas de destinação final como a incineração, a compostagem e a reciclagem (LINS, 2008). Entretanto, os aterros impossibilitam o reaproveitamento de materiais, prática que poderia reduzir a exploração de matéria-prima virgem na produção de novos bens de consumo (ENSINAS, 2003). Além disso, como principais obstáculos na construção de aterros têm-se o grande volume de resíduos gerados e a escassa oferta de áreas apropriadas no município do Rio de Janeiro (PMGIRS, 2016).

Nesse contexto, foi realizado um estudo anterior a este trabalho, cujo objetivo era analisar a viabilidade econômica de uma planta industrial de tratamento de RSU. O referido estudo, realizado por Gomes e Cavalcanti (2016), considerou as tecnologias empregadas em países desenvolvidos no tratamento dos resíduos e simulou-as em operação no Estado do Rio de Janeiro.

Foi observado na análise de sensibilidade deste estudo que o projeto depende essencialmente de uma espécie de custo “negativo” da matéria-prima, ou seja, uma taxa paga pelo governo por tonelada de RSU tratado (*Gate Fee*). Este já era um resultado esperado, visto que nas outras plantas consultadas ao redor do mundo estão presentes subsídios por parte dos governos.

A fim de se quantificar a dependência do projeto em relação a essa taxa, foi calculado o valor mínimo a ser pago pelo governo para a viabilidade econômica da planta, e foi obtido um valor de R\$ 297,00 por tonelada de RSU recebido, o que representa um subsídio anual do governo de R\$ 118.863.000. Apesar do resultado do estudo de 2016 ter concluído que o projeto era economicamente viável com esse subsídio, entende-se que esse investimento se torna impraticável para a realidade do governo do Rio de Janeiro e do Brasil, em geral, necessitando então de um novo estudo para que se encontrem externalidades na realização do projeto que justifiquem tal desembolso por parte do governo para tratar os RSU ou encontrar mecanismos que possam reduzir esse valor.

O ponto principal do conceito de externalidade é que o efeito produzido não é uma criação deliberada, mas um subproduto não intencional ou acidental de alguma outra atividade sobre terceiros (GARCEZ, 2000). Sendo assim, as externalidades são de grande

importância para os distritos industriais e devem ser consideradas uma vez que podem acarretar danos e/ou benefícios para a sociedade.

No estudo de Gomes e Cavalcanti (2016), foi levantada a hipótese de que as externalidades positivas geradas por essa implantação poderiam justificar o pagamento, sendo necessário então, analisá-las quantitativa e qualitativamente. E, dessa maneira, o presente estudo teve sua origem. Como ponto de partida, foi proposta a análise de tais efeitos dentro de duas grandes áreas: a social e a ambiental, através de geração de emprego, pagamento de impostos, bem como redução de emissões de gases de efeito estufa, respectivamente.

Estes efeitos foram classificados em duas categorias: os benefícios que justificam o desembolso do governo, que embora sejam difíceis de serem quantificados, conferem à sociedade algum benefício (externalidades positivas); e os benefícios que ajudariam reduzir tal desembolso, que por sua vez podem ser contabilizados por conferir algum ganho financeiro.

Dessa maneira, o objetivo do presente trabalho é identificar e discutir os benefícios trazidos pela instalação de uma planta de tratamento de RSU que não só justifiquem o pagamento por parte do Governo da taxa por tonelada de RSU a ser tratada, mas que proponha também mecanismos que possam reduzir essa taxa. Como a viabilidade da planta é dependente do subsídio, encontrar soluções que estimulem o Governo a realizar esse investimento é foco desta monografia.

O presente trabalho está dividido em 4 capítulos, além dessa introdução. O capítulo II apresenta um panorama do tratamento dos resíduos sólidos urbanos no Brasil, com foco no estado do Rio de Janeiro comparando-os com exemplos de referências internacionais no quesito gestão dos RSU, assim como as tecnologias empregadas no tratamento desses resíduos. No capítulo III é realizada uma revisão bibliográfica sobre a planta projetada, para compreensão de seu funcionamento, as considerações realizadas para o projeto e os desafios para a implantação, além de trazer uma discussão teórica dos mecanismos utilizados para auxiliar a viabilização da planta. Em seguida, no capítulo IV são discutidos os impactos que cada externalidade gera e sua relevância na viabilização do projeto. E no capítulo V, foram apresentadas as conclusões e limitações do trabalho, além de apontar possíveis estudos futuros.

2. Panorama dos Resíduos Sólidos Urbanos

Esse capítulo foi elaborado com o objetivo de apresentar o panorama do gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos no cenário brasileiro, com foco no Estado do Rio de Janeiro, ressaltando a diferença entre o modelo nacional e o modelo que é empregado em países e cidades reconhecidas pela suas boas práticas no que se diz respeito às técnicas de destinação dos RSU.

Importante ressaltar, que de acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), uma destinação ambientalmente adequada dos resíduos sólidos urbanos é definida como aquela que inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do Sisnama¹, do SNVS² e do Suasa³. Entretanto, em se tratando de rejeitos – tipo de resíduo sólido cujas possibilidades de reaproveitamento ou reciclagem já foram esgotadas – o termo empregado é disposição e este é definido pela PNRS como sendo a distribuição ordenada dos rejeitos em aterros, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos.

Dessa maneira, os aterros sanitários assumem primordial importância em um gerenciamento correto dos resíduos, já que por lei é estabelecido como a única maneira ambientalmente correta de dispor os rejeitos, pondo fim às outras práticas como a disposição em aterros controlados e em vazadouros à céu aberto.

Os aterros sanitários, são definidos, segundo a NBR, como técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais. Esse método utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se necessário.

¹ Sistema Nacional do Meio Ambiente: Órgão responsável pela proteção, melhoria e recuperação da qualidade ambiental no Brasil (MMA, 2017b).

² Sistema Nacional de Vigilância Sanitária: Conjunto de ações executadas por instituições da Administração Pública direta e indireta da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, que exerçam atividades de regulação, normatização, controle e fiscalização na área de vigilância sanitária (Lei nº 9.782/99).

³ Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária: Garante inspeções e fiscalizações dos produtos de origem animal e vegetal, e dos insumos, de maneira uniforme, harmônica e equivalente em todos os Estados e Municípios (MDA, 2014).

Quanto às práticas de disposição inadequadas, tem-se:

- Aterro controlado:
Segundo a NBR 8849/1985 da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), é definido como um método que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos, cobrindo-os com uma camada de material inerte na conclusão de cada jornada de trabalho. Entretanto, com essa técnica de disposição produz-se, em geral, poluição localizada, não havendo impermeabilização de base (comprometendo a qualidade do solo e das águas subterrâneas), nem sistema de tratamento de percolado (chorume mais água de infiltração) ou de extração e queima controlada dos gases gerados (PRS, 2013).
- Vazadouros à céu aberto: conhecido como uma forma inadequada de disposição final de resíduos sólidos, que se caracteriza pela simples descarga do lixo sobre o solo, sem medidas de proteção ao meio ambiente ou à saúde pública.

Dessa forma, para garantir uma correta e segura disposição dos rejeitos é necessário que ambas as técnicas de disposição inadequadas sejam erradicadas dentro do modelo nacional, que ainda apresenta casos de disposições irregulares.

Como tem se mostrado tendência entre os Governos de reduzir o volume de resíduos enviados a aterros, pode-se ver a seguir como que essa transição foi adotada em locais onde o gerenciamento dos RSU é priorizado.

Dentre os principais fatores pontuados nessa comparação estão a integração de políticas de tratamento de resíduos, infraestrutura e conscientização da população, imprescindíveis no sucesso do gerenciamento dos RSU.

2.1 Exemplos Mundiais

No contexto atual dos países desenvolvidos, há uma preocupação relevante quanto à gestão dos resíduos sólidos gerados nas metrópoles. Fato que o consumo crescente está diretamente ente ligado à geração de resíduos. Então, para solucionar essa problemática, alguns países encontraram formas sustentáveis de gestão voltada para a reeducação e conscientização da sociedade, acompanhada de iniciativas eficientes e inovadoras no que se diz respeito ao aproveitamento inteligente desses resíduos.

Como a questão de espaço territorial é determinante para alguns destes países devido à alta densidade demográfica e escassez de espaços próprios para a destinação do

lixo, a tendência é a redução da quantidade de rejeitos enviados a aterros sanitários. Nesse sentido, esses governos investem no reaproveitamento dos RSU seja com usinas de biogás, compostagem, centros de reciclagem ou incineração.

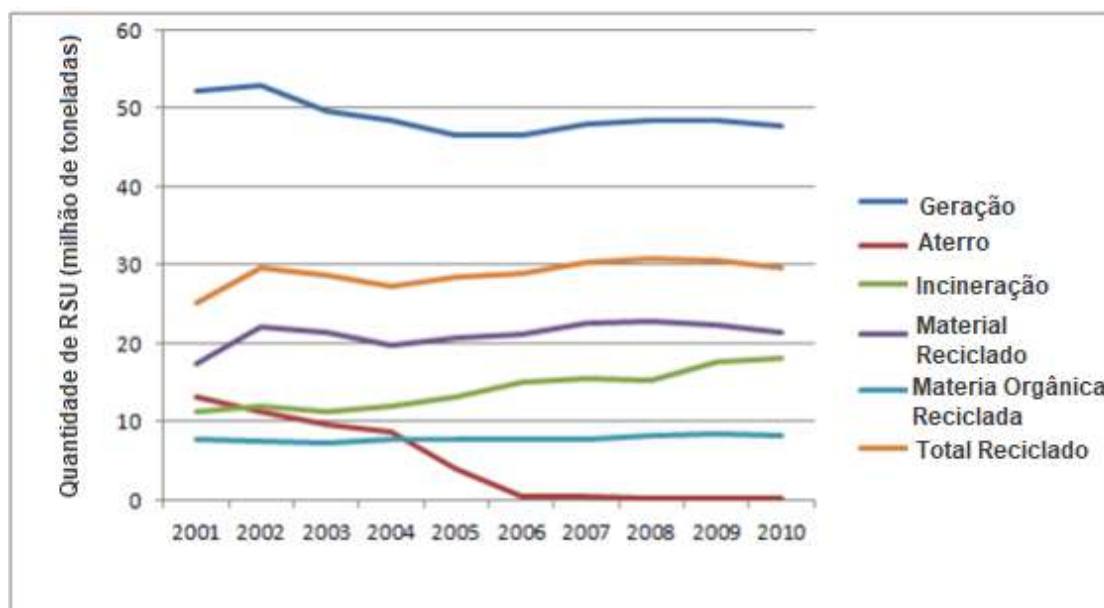
Interessante ressaltar que, enquanto no Brasil os governos municipais estão focados na criação de aterros sanitários para a erradicação dos lixões, as cidades de países desenvolvidos apostam em outras alternativas para a redução do volume de material enviado a aterros, como reciclagem, reuso e tratamento, diminuindo então a demanda por aterros.

A seguir foram escolhidas algumas localidades reconhecidas pela sua política eficiente e/ou inovadora no tratamento de RSU, para uma melhor compreensão da tendência “lixo zero” nos dias de hoje. Cada local foi escolhido por características consideradas importantes para este trabalho por se tratarem de medidas adotadas que contribuíram para o sucesso do gerenciamento dos RSU.

2.1.1. Alemanha

A Alemanha foi um dos primeiros países europeus a introduzir políticas para limitar o uso de aterro nos anos 90. As medidas incluíram regimes de coleta seletiva de resíduos de embalagens, resíduos biológicos e resíduos de papel (EEA – Germany, 2013). O resultado disto, a partir dos dados da figura 2, foi que em 2001 a Alemanha já reciclava cerca de 48% dos resíduos urbanos, enquanto que cerca de 25% eram encaminhados para aterros e 22% incinerados. Em 2010, o nível de reciclagem aumentou para 62%, a disposição de resíduos em aterro foi praticamente zerada e a incineração aumentou para 37%. A figura 2 mostra o perfil de destinação dos RSU no período compreendido entre 2001 e 2010.

Figura 2: Perfil de destinação de RSU para aterros, incineração e reciclagem na Alemanha (milhões de toneladas).



Fonte: EEA – Germany, 2013

A Alemanha, ao contrário de outros países europeus, não cobra taxa pela disposição em aterros sanitários. Dessa maneira, é interessante notar que, apesar da ausência desta cobrança, a disposição em aterro praticamente zerou a partir de 2006. Os fatores determinantes para o desvio de RSU de aterros sanitários para a reciclagem foram as exigências de pré-tratamento dos resíduos, passando por usinas de triagem antes de serem depositados em aterro, combinada com outras atividades de manejo, tais como a responsabilidade estendida do produtor⁴ no gerenciamento dos RSU (EEA- Germany, 2013).

2.1.2. Suécia

A Suécia tem uma geração relativamente alta de lixo (1,6 kg por dia per capita). Por isso, a gestão de resíduos sólidos vem sendo encarada, há décadas, como prioridade pelas autoridades (EM DISCUSSÃO, 2014).

⁴ A responsabilidade do produtor estendida (EPR, sigla em inglês) é uma forma de administração do produto. Sob a EPR, os fabricantes e os proprietários de marcas (conhecidos como produtores) são responsáveis pelos produtos que fabricam ou vendem e por qualquer embalagem associada, quando se tomam resíduos. Isso significa que os produtores ajudam a pagar os custos de coleta, transporte, reciclagem e eliminação responsável desses produtos e materiais no final da vida (PERELLA, 2017).

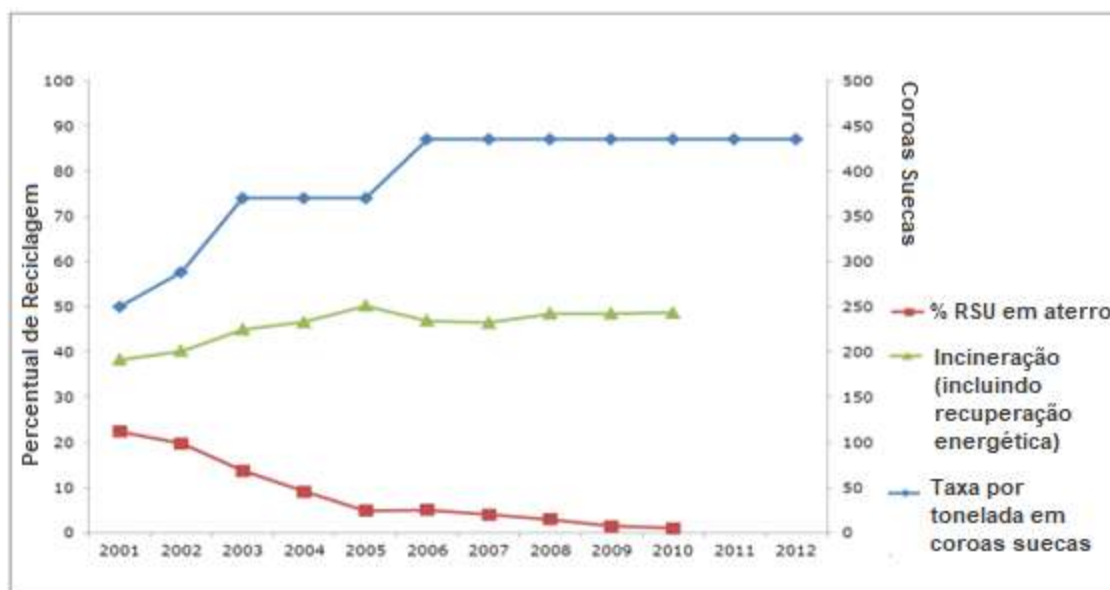
Uma lei criada em 1999 introduziu imposto sobre o aterro, que entrou em vigor no início de 2000, que correspondia a 250 coroas suecas (SEK) por tonelada de resíduos depositados em aterros. O valor do imposto foi posteriormente aumentado para 338 SEK/tonelada (cerca de EUR 31,70) em 2002, para 370 SEK / tonelada (cerca de EUR 40,70) em 2003 e atingiu 435 SEK / tonelada (cerca de EUR 47,90) em 2006, resultando num aumento de 74% desde a sua introdução em 2000 (EEA - Sweden, 2013)

Dessa maneira, diferentemente da Alemanha, o imposto sobre o aterro teve um impacto significativo sobre os montantes de RSU dispostos e levou a uma diminuição constante do aterro de 22% em 2001 para apenas 1% em 2010.

Porém, a redução observada no uso de aterro não pode ser atribuída unicamente à tributação. Concomitantemente, foram introduzidas medidas adicionais para maximizar o desvio dos aterros sanitários, como o acoplamento posterior da proibição de disposição de resíduos combustíveis e demais resíduos orgânicos em aterros sanitários. As medidas combinadas foram suficientes para reduzir em metade o volume encaminhado para aterros. No entanto, sem medidas adicionais nos anos seguintes, o nível de aterro diminuiu modestamente com 1 ponto percentual por ano até 2008, período no qual atingiu 3% do total de resíduos sólidos urbanos encaminhados para aterros sanitários (EEA - Sweden, 2013), como demonstrado pela figura 3.

Em 2009, todos os aterros que não cumpriram os requisitos da lei foram encerrados e, como resultado, o número de aterros operacionais foi reduzido praticamente pela metade.

Figura 3: Desenvolvimento de aterros e incineração de RSU na Suécia

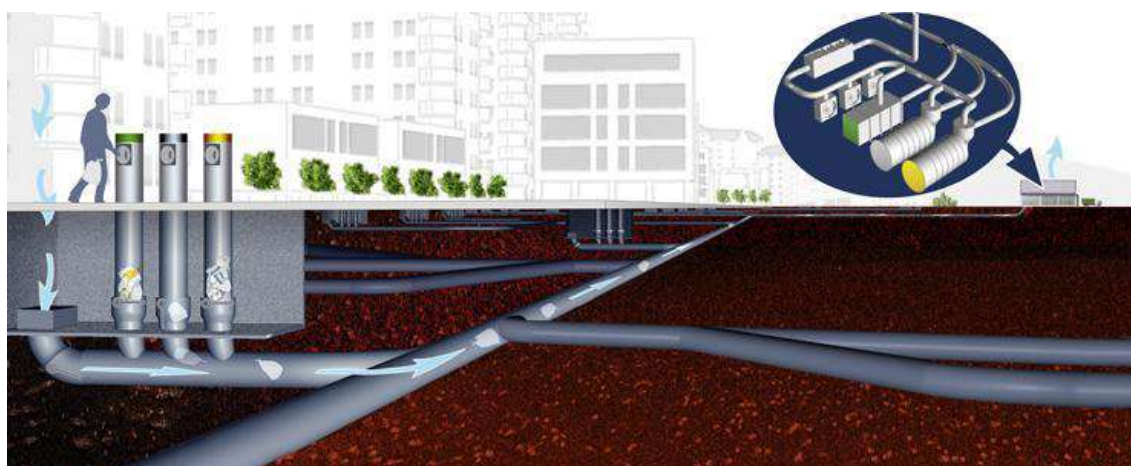


Fonte: EEA Sweden, 2013

Para atingir esse resultado, a Suécia conta com uma infraestrutura de alta tecnologia no gerenciamento dos RSU. A Suécia é berço de uma das mais modernas tecnologias de coleta de lixo atualmente, o sistema de coleta pneumático. Estocolmo, Lisboa, Madri, Londres, Paris, Hong Kong, Nova York e Guanzhou (China) também já adotaram o modelo (INVESTE SP, 2013).

O sistema ENVAC, representado na figura 4, dispõe de lixeiras conectadas a uma rede de tubos que conduz os resíduos a uma área de coleta. Um sensor instalado detecta quando a lixeira está cheia. Por vácuo, o lixo é sugado e transportado para o local de acumulação de resíduos, onde é realizada a coleta seletiva (RSU BRASIL, 2014). Lá são separados e compactados em contêineres, de onde seguem para reaproveitamento, compostagem, incineração, entre outros. O ar que circula no sistema de tubos passa por filtros antes de retornar à atmosfera (EM DISCUSSÃO, 2014).

Figura 4: Sistema Envac



Fonte: Envac Group, 2009

Dessa maneira, nota-se a complexidade de infraestruturas projetadas para o gerenciamento dos RSU na Suécia. Além disso, para o sucesso desse projeto é de suma importância que a população esteja envolvida e conscientizada sobre seu papel na separação adequada do lixo doméstico antes de enviá-los à lixeira especificada para o tipo de material recebido.

2.1.3. São Francisco, EUA

A cidade de São Francisco, na Califórnia, possui aproximadamente 800 mil habitantes e é a 13ª cidade mais populosa dos Estados Unidos. Com alta performance ambiental e inúmeras políticas sustentáveis que objetivam integrar população, gestão pública e meio ambiente, São Francisco foi eleita a cidade mais verde dos Estados Unidos e Canadá em 2010 (DRUMOND, 2015), mantendo posições de destaque nos anos seguintes, ocupando em 2014 a 6ª posição e, em 2015, a 4ª.

É importante ressaltar que para obter esse título, São Francisco adotou estratégias voltadas à conscientização da sociedade em seu dever no gerenciamento dos resíduos. A prefeitura investiu na educação ambiental, ensinando a todos como separar o lixo e as técnicas de reciclagem, e em pesquisas por novas tecnologias que permitam o reaproveitamento dos materiais descartados pela população.

O sucesso dessa política se deve a diversos fatores: a uma lei severa que obriga todo cidadão a fazer triagem do lixo; a metas rígidas para a empresa que faz a coleta,

como, por exemplo, recolher um volume mínimo de resíduo; e a um incentivo financeiro para quem separa corretamente os resíduos.

Além disso, a prefeitura tem adotado algumas medidas para alcançar, em 2020, a meta de reduzir ao máximo a remessa de RSU enviados aos aterros. Dentre essas medidas estão a recente proibição da venda de água em garrafas plásticas. Medidas anteriores consistiam na proibição da circulação de sacolas plásticas, recipientes plásticos e de espuma de poliestireno para alimentos embalados para consumo doméstico (VITALI, 2014).

2.2. Panorama Brasileiro

A lei de número 12.305/2010 institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), dispondo sobre seus princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis.

Essa lei visa melhorar a gestão dos resíduos sólidos através da integração entre sociedade, poder público e iniciativa privada no que se refere à divisão das atividades responsáveis pelo gerenciamento desses resíduos. A responsabilidade compartilhada define um conjunto de atribuições individualizadas e encadeadas dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, dos consumidores e dos titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, para minimizar o volume de resíduos sólidos e rejeitos gerados, bem como para reduzir os impactos causados à saúde humana e à qualidade ambiental decorrentes do ciclo de vida dos produtos.

Dessa maneira, todos têm responsabilidades segundo a PNRS: o poder público deve apresentar planos para o manejo correto dos materiais (com adoção de processo participativos na sua elaboração e adoção de tecnologias apropriadas); às empresas compete o recolhimento dos produtos após o uso e, à sociedade cabe participar dos programas de coleta seletiva (acondicionando os resíduos adequadamente e de forma diferenciada) e incorporar mudanças de hábitos para reduzir o consumo e a consequente geração de lixo (MMA, 2011).

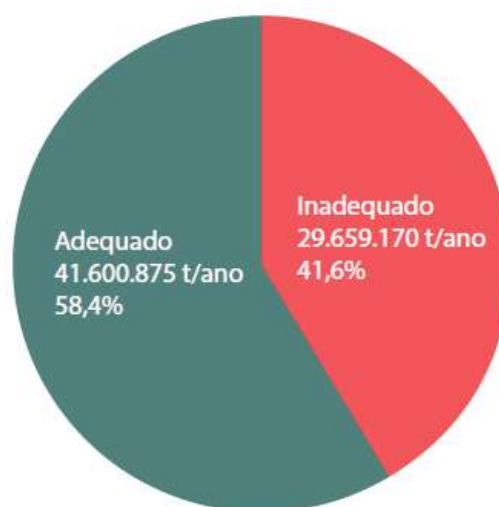
Como diretrizes aplicáveis aos resíduos sólidos, a Lei 12.305 cria uma hierarquia na gestão dos resíduos, observadas no art 9º:

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

No que diz respeito à disposição final ambientalmente adequada, a PNRS extingue a possibilidade de disposição em vazadouros a céu aberto (lixões) e aterros controlados, de forma que, no Brasil, a única forma de disposição ainda permitida por lei é a disposição em Aterros Sanitários. Para o cumprimento da Lei, foi estabelecido um prazo de 4 anos, a partir da data da sua publicação (agosto de 2010) para a implementação.

Entretanto, o cenário em 2014 apresentou atrasos na execução da medida que proíbe a disposição de resíduos em lixões, e cerca de 60% dos municípios do país ainda se encontravam em situações irregulares, conforme a figura 5.

Figura 5: Disposição final dos RSU coletados no Brasil em 2014



Fonte: ABELPRE,2015

Entretanto, em 2015, o Senado Federal aprovou um projeto de lei (PL 425/2014) que prorroga o prazo de encerramento dos vazadouros à céu aberto. Assim, as capitais e municípios de região metropolitana terão até 31 de julho de 2018 para acabar com os lixões. Os municípios de fronteira e os que contam com mais de 100 mil habitantes, com base no Censo de 2010, terão um ano a mais para implementar os aterros sanitários. As

idades que têm entre 50 e 100 mil habitantes terão prazo até 31 de julho de 2020. Já o prazo para os municípios com menos de 50 mil habitantes será até 31 de julho de 2021.

Entretanto, o projeto de lei seguiu para a aprovação na Câmara dos Deputados, onde o projeto ainda se encontra em tramitação. Em 8 de janeiro de 2018 foi realizada uma busca no site da Câmara dos Deputados e o projeto de lei encontra-se na seguinte situação: “*Aguardando criação de comissão temporária*”; ou seja, quando um projeto de lei chega à Câmara, ele deve ser analisado por uma comissão competente nesse mérito, para que siga então para a Comissão de Constituição e Justiça e da Cidadania, a qual aprova ou não o projeto de lei em questão (POLITIZE, 2015).

2.3. O Estado do Rio de Janeiro

O Estado do Rio de Janeiro, antes da criação da PNRS, já havia instituído, em 2003, a Política Estadual de Resíduos Sólidos (PERS), uma lei que tem como principais objetivos a erradicação dos lixões, o estabelecimento de políticas governamentais integradas para a gestão dos resíduos sólidos e o incentivo à implantação de novas tecnologias e processos não poluentes para tratamento, reciclagem e disposição final dos resíduos sólidos. O artigo 10 desta lei estabeleceu ainda o prazo de 1 ano, a partir da data da sua publicação, para que o depósito de qualquer tipo de resíduo a céu aberto não fosse mais permitido, ficando os responsáveis obrigados a encaminhar os referidos resíduos a atividades licenciadas pelo órgão estadual responsável.

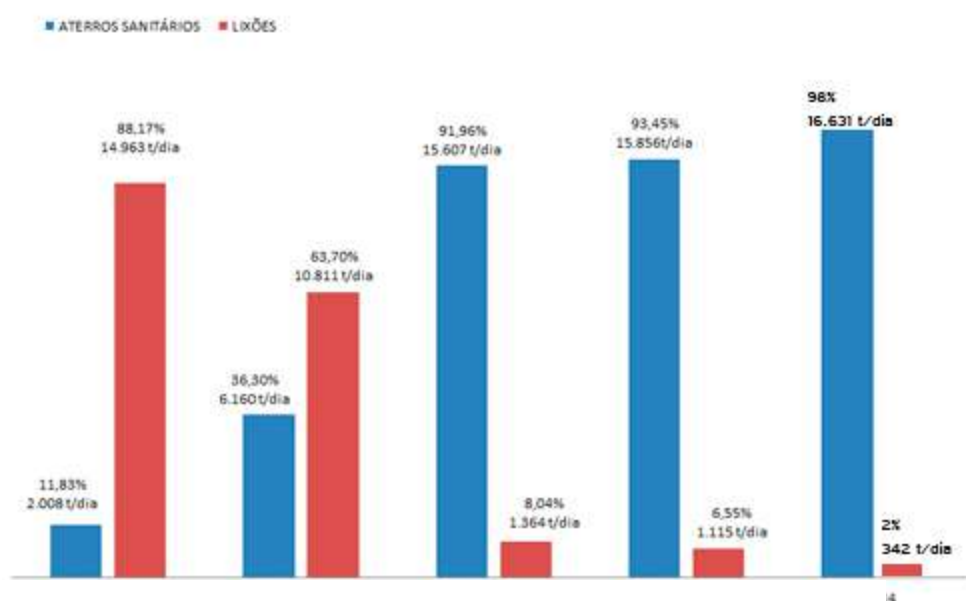
Entretanto, a PERS só alavancou em 2011 com o decreto estadual 42.939/11 que regulamentou o Pacto pelo Saneamento. Esse decreto tem como objetivo “universalizar, no Estado do Rio de Janeiro, o acesso a sistemas de saneamento básico, propondo a ação integrada entre o governo estadual, municípios e órgãos públicos. O Pacto pelo Saneamento estabeleceu metas através de dois subprogramas: O Rio + Limpo, que pretendia levar esgotamento sanitário a 80% da população do Estado até 2018, e o Lixão Zero, que teve como meta a erradicação do uso dos lixões no território estadual até 2014 e a remediação destes até 2016.

Na figura 6, pode-se notar o perfil de disposição dos RSU entre 2010 e 2014. Nesse período, embora a PNRS já estivesse em vigor desde 2010, verifica-se que a destinação de maior parte dos RSU continuou sendo os lixões, e que essa realidade só

mudou a partir de 2012, ou seja, depois que as metas do programa estadual foram estabelecidas.

Dessa maneira, percebe-se a importância da formulação de uma política estadual para que os municípios alcancem metas propostas pelo governo federal.

Figura 6: Situação da Destinação dos Resíduos Sólidos no Estado do Rio de Janeiro

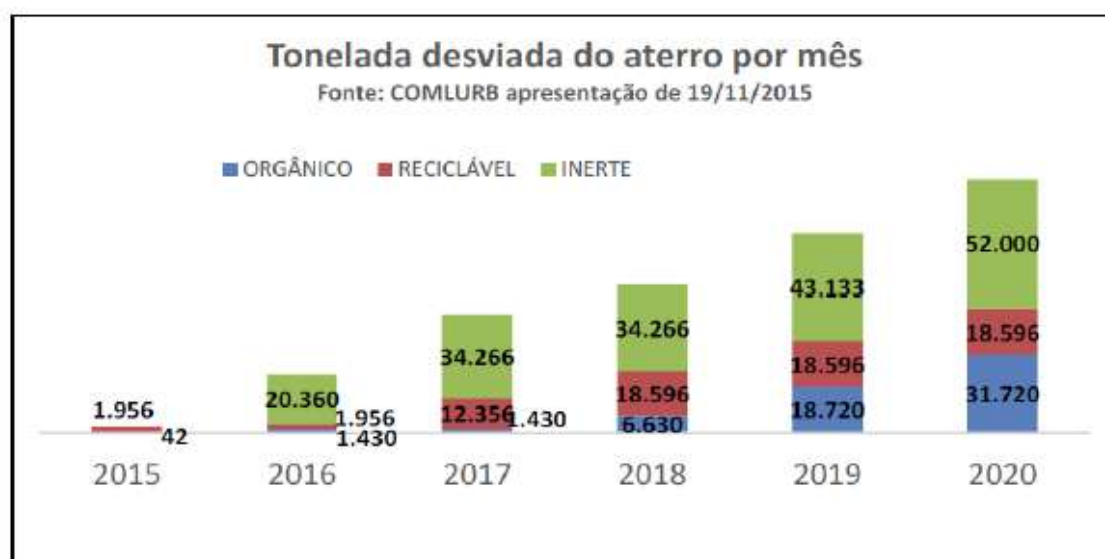


Fonte: PERS, 2014

Segundo a Prefeitura do Rio, o enfoque atual da cidade busca a redução do quantitativo de resíduos encaminhados para disposição final no CTR-Rio, em Seropédica, com adoção de alternativas de valorização e de geração de energia a partir dos resíduos sólidos urbanos. Ao todo estima-se alcançar, no final de 2020, uma redução de 35% do quantitativo de resíduos encaminhados ao CTR-Rio, em Seropédica. A projeção estimada até 2020 de toneladas desviadas de cada fração que compõe os RSU pode ser verificada na figura 7. A maior fração a ser desviada é a do inerte, e esta seria encaminhada para o Centro de Tratamento de Resíduos Inertes (CTRI), a ser implantado em Gericinó. A fração de recicláveis seria encaminhada para cooperativas e associações de catadores cadastradas pelo município; e a de orgânicos, seria desviada para unidades de compostagem e plantas industriais de transformação da matéria orgânica (PMGIRS, 2016).

A exigência de encaminhamento futuro de apenas rejeitos aos aterros sanitários, conforme preconiza a PNRS, contribui para economizar recursos com transporte, aumentar a vida útil dos aterros e evitar emissões de gases de efeito estufa responsáveis pelo aquecimento global (PMGIRS, 2016).

Figura 7: Projeção de tonelada desviada do aterro por mês no Rio de Janeiro



Fonte: PMGIRS, 2016

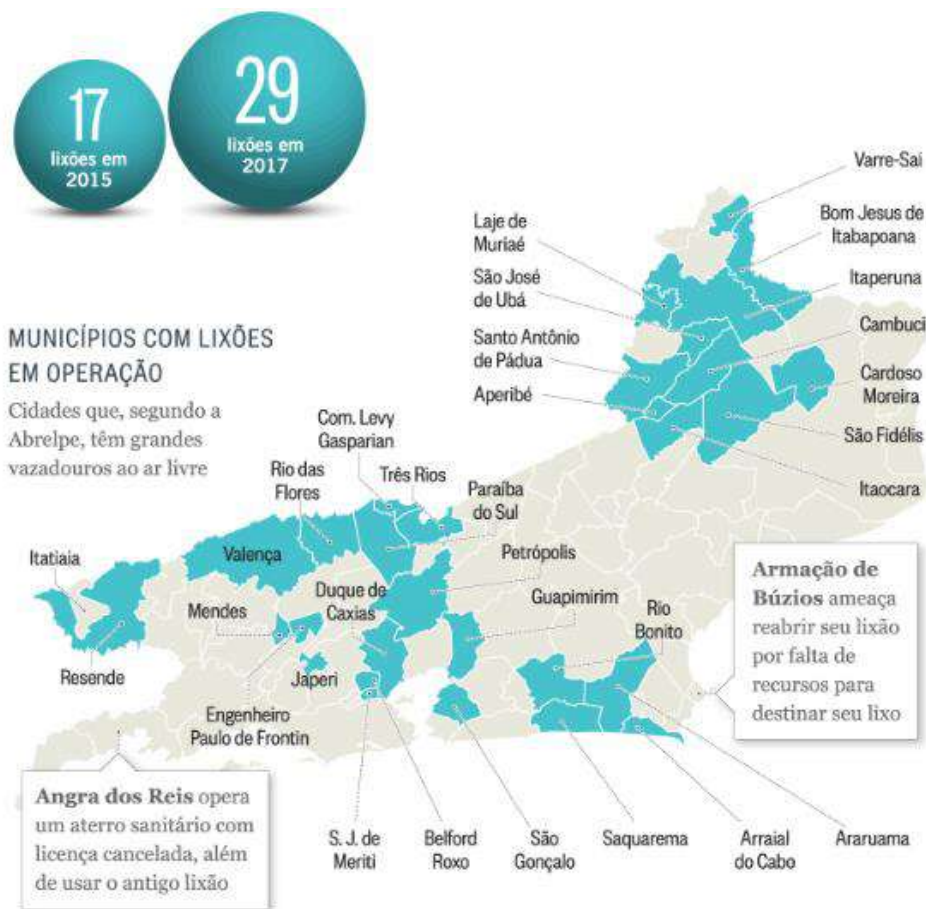
NOTA: A maior fração do RSU é de característica ORGÂNICA. É a mais danosa ao meio ambiente por gerar gás de efeito estufa e outros efeitos nocivos. A segunda maior fração do RSU é de característica INERTE que não necessita de toda segurança de um Aterro Sanitário para sua disposição final. Está presente no fluxo da Limpeza Pública, Remoção Gratuita e no Fluxo dos Entulheiros que utilizam o aterro. Já a terceira fração do RSU é de característica RECICLÁVEL, composta de materiais com valor agregado no mercado (PMGIRS, 2016).

Sendo um interesse da prefeitura do Rio de Janeiro diminuir o volume de resíduos enviados a aterros, abre-se um novo caminho para que outras instituições realizem o gerenciamento dos RSU, de modo que o reaproveitamento destes seja priorizado. Nesse sentido, tal redução está vinculada à execução de novas parcerias público-privadas, concessão e licitação de projetos sustentáveis que sejam economicamente viáveis para o município.

Entretanto, segundo a Confederação Nacional de Municípios (CNM, 2017), os municípios do Rio de Janeiro têm enfrentado dificuldades para acabar definitivamente com os lixões, devido à crise que atinge o estado. No início de 2017, o número de

vazadouros a céu aberto em território fluminense chega a pelo menos 29, contra os 17 identificados em 2015, segundo um levantamento da ABELPRE (2015). Mesmo os municípios que já tinham dado destinação adequada a seus detritos voltaram a descumprir a PNRS, que previa a erradicação dos lixões até 2014. A figura 8 destaca os municípios que ainda possuem vazadouros ao ar livre.

Figura 8: Municípios do Rio de Janeiro com lixões em operação



Fonte: O Globo, a partir dos dados da ABRELPE, 2017a

Além disso, os municípios do Rio contraíram uma dívida milionária com as empresas que administram os aterros sanitários, atingindo cerca de R\$ 480 milhões, segundo a ABRELPE (O Globo, 2017b). A dívida da prefeitura do Rio de Janeiro corresponde a R\$ 18 milhões com a empresa responsável pelo aterro de Seropédica.

Além de problemas financeiros enfrentados pela administração pública, o aterro sanitário de Seropédica, que apesar de ter sido construído com tecnologia de ponta, inédita

na América Latina (CICLUS AMBIENTAL, 2011), apresentou vazamento de 50 mil litros de chorume⁵. O vazamento colocou em risco o aquífero Piranema, reserva de água subterrânea localizada logo abaixo do aterro sanitário que abastece a população carioca em caso de necessidade (VOZERIO, 2016). Nesse sentido, percebe-se a fragilidade e a suscetibilidade a danos ambientais inerentes às atividades realizadas em aterros sanitários.

A empresa contratada em regime de concessão para implantação, operação e manutenção do aterro de Seropédica – Centro de Tratamento de Resíduos (CTR-Rio) e das estações de transferências de resíduos (ETR) é a CICLUS, que cuida da adequada disposição final dos resíduos no município do Rio de Janeiro.

As ETRs são unidades instaladas próximas ao centro de massa de geração de resíduos, para que os caminhões da coleta regular possam descarregar os resíduos e voltar rapidamente às suas atividades de coleta.

Por sua vez, os resíduos dispostos nas ETRs são transportados em veículos de maior porte projetados exclusivamente para transportar os resíduos até seu local de disposição final.

Desta forma, usando os veículos para suas devidas finalidades, propicia-se uma redução dos custos de investimento com a frota de veículos coletores, ao mesmo tempo em que se obtém uma redução dos custos operacionais de transporte com a frota de carretas, além da redução do tráfego na cidade e redução de emissões de GEE.

No Rio de Janeiro, o novo sistema de logística, em fase de conclusão pela concessionária CICLUS, contará, quando finalizado, com sete Estações de Transferência de Resíduos, das quais cinco já estão devidamente licenciadas e em plena operação, a saber: Caju, Jacarepaguá, Marechal Hermes, Santa Cruz e Bangu. As ETRs previstas são as da Taquara e da Penha. (PMGIRS, 2016).

2.4. Gerenciamento dos Resíduos Sólidos Urbanos

Para uma melhor compreensão das unidades de tratamento da planta planejada, faz-se necessário essa seção, que visa o esclarecimento das tecnologias empregadas no tratamento dos resíduos pela planta industrial, bem como os benefícios gerados ao integrar essas tecnologias no gerenciamento dos RSU.

⁵líquido proveniente da matéria orgânica em decomposição nos aterros sanitários.

É importante ressaltar que não existe um único tipo de tratamento para os RSU e cada tipo de resíduo deve ser destinado a uma unidade específica para que se possa atingir o potencial máximo de reaproveitamento. Dessa maneira, a disposição final em aterros sanitários é a última opção e, portanto, só deveriam ser encaminhados para esse tipo de unidade, os rejeitos.

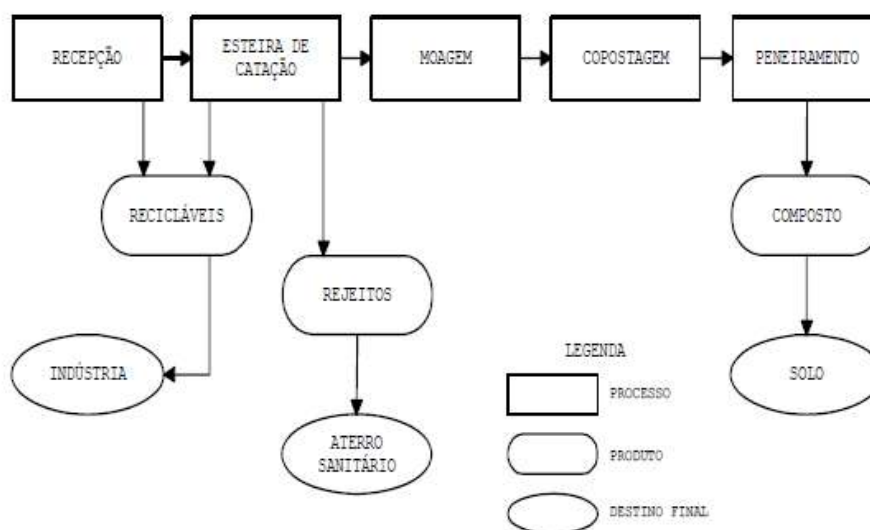
Dessa forma, serão abordadas as três tecnologias empregadas no tratamento dos RSU, como compostagem, reciclagem e biometanização (tecnologia empregada no estudo de Gomes e Cavalcanti, 2016), bem como seus conceitos e benefícios gerados ao integrar essas medidas antes da destinação dos RSU a aterros.

2.4.1. Compostagem

A compostagem dos resíduos pode ser definida como a reciclagem de materiais orgânicos. Ela consiste na transformação de materiais orgânicos, como restos de alimentos, papéis, folhas, vegetais, madeiras, dentre outros, em adubo orgânico, e segue o esquema conforme representado na figura 9. Atualmente, ela é praticada de duas formas principais (SILVA, 2015):

- pontualmente, quando cada consumidor faz a compostagem de seus próprios resíduos gerados, comercializando-o ou utilizando-o em suas próprias atividades;
- de forma centralizada, quando a compostagem é feita em centros de triagem de lixo, onde sua parcela orgânica recebe um tratamento adequado de cura para se transformar em adubo.

Figura 9: Fluxograma do processo de compostagem



Fonte: SCHALCH, 2002

Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2009), a classificação para os fertilizantes de origem orgânica se dá através de sua composição, já que esta é fator determinante da pureza do composto. Desse modo, os fertilizantes orgânicos são classificados da seguinte forma:

- Classe “A”: fertilizante orgânico que, em sua produção, utiliza matéria-prima de origem vegetal, animal ou de processamentos da agroindústria, onde não sejam utilizados no processo o sódio (Na+), metais pesados, elementos ou compostos orgânicos sintéticos potencialmente tóxicos;
- Classe “B”: fertilizante orgânico que, em sua produção, utiliza matéria-prima oriunda de processamento da atividade industrial ou da agroindústria, onde o sódio (Na+), metais pesados, elementos ou compostos orgânicos sintéticos potencialmente tóxicos são utilizados no processo;
- Classe “C”: fertilizante orgânico que, em sua produção, utiliza qualquer quantidade de matéria-prima oriunda de lixo domiciliar, resultando em produto de utilização segura na agricultura;
- Classe “D”: fertilizante orgânico que, em sua produção, utiliza qualquer quantidade de matéria-prima oriunda do tratamento de despejos sanitários, resultando em produto de utilização segura na agricultura.

Dessa maneira, conforme maior o grau de pureza do composto, maior o preço pelo qual o produto pode ser comercializado. Como a classificação é feita levando em consideração a origem do composto, já que sua origem revela os contaminantes típicos presentes, a utilização de resíduos segregados na fonte aumentaria então o valor da receita obtida pela venda do composto, o que seria interessante sob ponto de vista econômico para o empreendimento.

Como benefícios na adoção de sistemas de reciclagem orgânica de resíduos urbanos (industrial e doméstico) e rurais, tem-se, segundo o Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2012a), a:

- Redução do resíduo destinado ao aterro, com a consequente economia dos custos de aterro e aumento de sua vida útil;
- Revalorização e aproveitamento agrícola da matéria orgânica;
- Reciclagem de nutrientes para o solo e;
- Eliminação de patógenos devido à alta temperatura atingida no processamento.

2.4.2. Reciclagem

A PNRS define o termo RECICLAGEM como sendo: “Processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos, observadas as condições e os padrões estabelecidos pelos órgãos competentes do Sisnama e, se couber, do SNVS e do Suasa.”

A reciclagem é uma atividade econômica que deve ser vista como um elemento dentro do conjunto de atividades integradas no gerenciamento dos resíduos, não se traduzindo, portanto, como a principal "solução" para o lixo, já que nem todos os materiais são técnica ou economicamente recicláveis (SCHALCH, 2002).

Um dos caminhos para a segregação dos materiais recicláveis é a coleta seletiva, que é a coleta diferenciada de resíduos que foram previamente separados segundo a sua constituição ou composição. Ou seja, resíduos com características similares são selecionados pelo gerador (que pode ser o cidadão, uma empresa ou outra instituição) e disponibilizados para a coleta separadamente (MMA, 2012b).

Entretanto, para a coleta seletiva ser eficiente, é necessária a conscientização ambiental. Dessa maneira, o primeiro passo é a realização de uma campanha informativa

junto à população, convencendo-a da importância da reciclagem e orientando-a para que separe o lixo em recipientes para cada tipo de material. A educação ambiental tem se mostrado a chave fundamental para o sucesso dos programas de reciclagem, pois propicia a aprendizagem do cidadão sobre o seu papel como gerador de resíduos.

2.4.3. Biometanização

A digestão anaeróbia é a decomposição da matéria orgânica por diversas comunidades microbianas através de uma série de estádios metabólicos, onde é produzido como produto gasoso final o biogás. O biogás é principalmente constituído de uma mistura de metano e dióxido de carbono com vestígios de nitrogênio, hidrogênio, sulfeto de hidrogênio, amônia e oxigênio, como mostrado na tabela 1 (YEBO, 2017).

Tabela 1: Composição do biogás (% em volume)

COMPONENTE	FÓRMULA	COMPOSIÇÃO (% em volume)
Metano	CH ₄	50 – 75
Dióxido de Carbono	CO ₂	25 – 40
Nitrogênio	N ₂	< 5
Hidrogênio	H ₂	< 1
Oxigênio	O ₂	< 1
Sulfeto de Hidrogênio	H ₂ S	50 – 5000 ppm

Fonte: YEBO, 2017

Atualmente, a digestão anaeróbica tem sido aplicada em uma ampla gama de resíduos incluindo os de origem urbana, agrícola e industrial (KHALID et al, 2011), sendo os de origem urbana tratados neste trabalho.

A fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos é um substrato específico caracterizado pela sua complexidade e, para ser degradada exige uma via metabólica que

envolve uma série de reações antes da conversão final em metano (MATA-ALVAREZ 2002).

Segundo Morita e Sasaki (2012), a biometanização é composta pelas seguintes etapas: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese. Os resíduos orgânicos complexos (carboidratos, proteínas e lipídios) são os primeiros a serem degradados extracelularmente em monômeros e oligômeros por bactérias hidrolíticas. Os produtos da primeira etapa são absorvidos pela bactéria fermentativas na etapa da acetogênese para serem degradados em ácidos graxos voláteis (AGVs). Em menores quantidades são gerados hidrogênio, dióxido de carbono e álcoois. Em seguida, os AGVs são convertidos em acetato, dióxido de carbono e hidrogênio por bactérias acetogênicas. São estes os substratos que serão convertidos em metano na última etapa do processo de biometanização dos RSU.

Importante ressaltar que a diferença da origem dos resíduos utilizados na produção do biogás é determinante, já que algumas impurezas advindas dos resíduos de origem urbana, não são encontrados nos de origem agrícola, por exemplo. Nesse caso, pode-se destacar os siloxanos, que são contaminantes característicos provenientes de produtos de higiene pessoal e cosméticos, utilizados pela população que gera o resíduo a ser tratado (COELHO, 2006).

Os siloxanos são um subgrupo de compostos de sílica que contém ligações Si-O com radicais orgânicos ligados a molécula de sílica incluindo grupos metilo e etilo, entre outros. Os siloxanos não são decompostos durante a digestão anaeróbia e acabam por volatilizar, permanecendo no biogás. A combustão destes gases produz uma sílica microcristalina, cuja dureza leva à abrasão das superfícies dos motores. Os compostos voláteis de sílica incrustam-se nos motores, turbinas, caldeiras, etc., contribuindo para uma deterioração dos motores e mau funcionamento dos equipamentos, devendo então serem removidos ante à comercialização do biogás (ATLAS SEIS, 2013).

Como principal vantagem da biometanização tem-se a produção do biogás, que pode ser utilizado energeticamente de várias formas, como uso direto em substituição a outros tipos de combustíveis gasosos, ou indireto, na geração de eletricidade e cogeração de eletricidade e calor (GOMES, 2014).

Entretanto como desvantagem, a tecnologia do processo de biometanização, além de possuir um alto investimento, ainda é limitada traduzindo-se em instabilidade de operação e diminuição da sua eficiência devido à significativa variedade de características dos resíduos a serem tratados (VILELA, 2015). Dessa maneira, como o Brasil possui

baixo nível de segregação de RSU, este processo encontraria dificuldades de ser executado, necessitando então de um sistema mais robusto projetado para tratar um grande volume de material orgânico, já prevendo a presença de resíduos impróprios na digestão anaeróbia (COLTURATO, 2016).

Uma vez conhecido o cenário na qual a instalação da planta está inserida e as tecnologias por ela utilizadas, é possível compreender os desafios que precisarão ser enfrentados, pois estes vão desde desafios tecnológicos (visto que a tecnologia empregada está em fase de aprimoramento), até desafios financeiros (viabilização da planta frente ao alto valor do subsídio governamental).

3. Revisão Bibliográfica: Mecanismos de Viabilização da Planta Industrial

Neste capítulo será possível entender o ponto de partida deste trabalho, uma vez que aqui serão abordados os resultados obtidos no trabalho de Gomes e Cavalcanti (2016). Será apresentada a planta industrial projetada, bem como as decisões tomadas desde a escolha da tecnologia empregada, até o local de sua instalação. Conhecendo então as peculiaridades inerentes à planta e os problemas por ela enfrentados, torna-se mais fácil pensar em alternativas que solucionem seus impasses.

Dessa maneira, este capítulo visa a discussão de aspectos teóricos que precisam ser primeiramente apresentados para que seja possível a análise dos impactos dos mecanismos de viabilização da planta.

3.1. A Planta Industrial

Gomes e Cavalcanti (2016) realizaram uma análise da viabilidade técnica e econômica de uma planta de tratamento mecânico biológico (TMB) dos RSU em operação no Estado do Rio de Janeiro. O TMB é aplicável a resíduos não segregados na fonte, pelo fato de tornar possível a valorização das diferentes frações que compõem o RSU a partir de uma série de processos mecânicos e biológicos combinados, apesar de não ser considerado como uma tecnologia individual. Os processos mecânicos possibilitam a separação das frações orgânica e inorgânica (metais ferrosos, recicláveis, materiais caloríficos e rejeitos), pois se trata de mecanismos de separação/triagem e redução de dimensão que dispõe a matéria em diversas configurações. A fração orgânica será destinada ao sistema de tratamento anaeróbio, ou seja, processo biológico que promoverá a degradação e estabilização da matéria orgânica com consequente geração de biogás (Gomes e Cavalcanti, 2016).

Dessa maneira, foi escolhida uma tecnologia que é muito utilizada em diversas plantas de TMB, de uma empresa que foi a pioneira no tratamento de resíduo domiciliar por digestão anaeróbia na década de 80, a Valorga International.

A tecnologia desenvolvida por essa empresa é difundida principalmente em países mais avançados em relação à produção de biogás a partir de RSU. Segue a lista abaixo de referências de países que empregaram essa tecnologia e suas respectivas plantas:

- Alemanha – Engelskirchen, Freiburg, Hanovre;
- Bélgica – Mons;
- China – Shangai, Beijing;
- Espanha – Barcelona (Ecoparque 2), La Coruna, Las Dehesas, Zaragoza, La Paloma;
- França – Amiens, Calais, Varennes - Jarcy, Fos Sur Mer, Valence, Saint Priest La Roche, Point à Pitre, Romainville – Bobigny, Chalosse, Bayonne, Château D’Olonne.

Essa empresa é especializada em concepção, construção e start-up de estações de tratamento biológico de resíduos municipal e industrial e desenvolveu um novo processo, denominado Valorga, para o tratamento desses resíduos.

Essa tecnologia foi escolhida dentre outras três (Dranco, Kompogas e Laran) por apresentar melhores desempenhos nos indicadores escolhidos para avaliação das tecnologias, sendo eles:

- Histórico das Tecnologias: busca mensurar a solidez das tecnologias no mercado, através de suas experiências acumuladas;
- Aspectos Operacionais: busca avaliar problemas operacionais devido ao acúmulo de materiais impróprios no interior do digestor, destinação dada ao composto produzido e funcionamento dos principais sistemas que compõem a planta;
- Dados de Projeto: objetivo de avaliar as estimativas de desempenho de cada tecnologia;
- Dados Reais: avaliar o grau de atendimento às expectativas de desempenho do projeto.

Uma vez definidos os indicadores, foi realizado um somatório ponderado, sendo atribuídos pesos distintos a cada grupo de acordo com sua relevância. Esse resultado pode ser analisado no quadro 1, no qual revela que a Valorga apresenta melhor desempenho.

Quadro 1: Indicadores de desempenho das plantas analisadas

Somatório Ponderado					
GRUPO DE INDICADORES	PESO	BIOCOMPOST	ECOPARC 2	ECOPARQUE DE LA RIOJA	CTR VALLADOLID
		DRANCO	VALORGA	KOMPOGAS	LARAN
HISTÓRICO DAS TECNOLOGIAS	1	4,76	7,33	6,02	4,98
ASPECTOS OPERACIONAIS	2,5	10,00	8,75	7,50	10,00
DADOS DO PROJETO	1,5	7,99	6,45	8,42	5,96
DADOS REAIS	4	21,48	39,80	35,87	40,81
SOMA		44,24	62,33	57,81	61,76

Fonte: Gomes e Cavalcanti, 2016

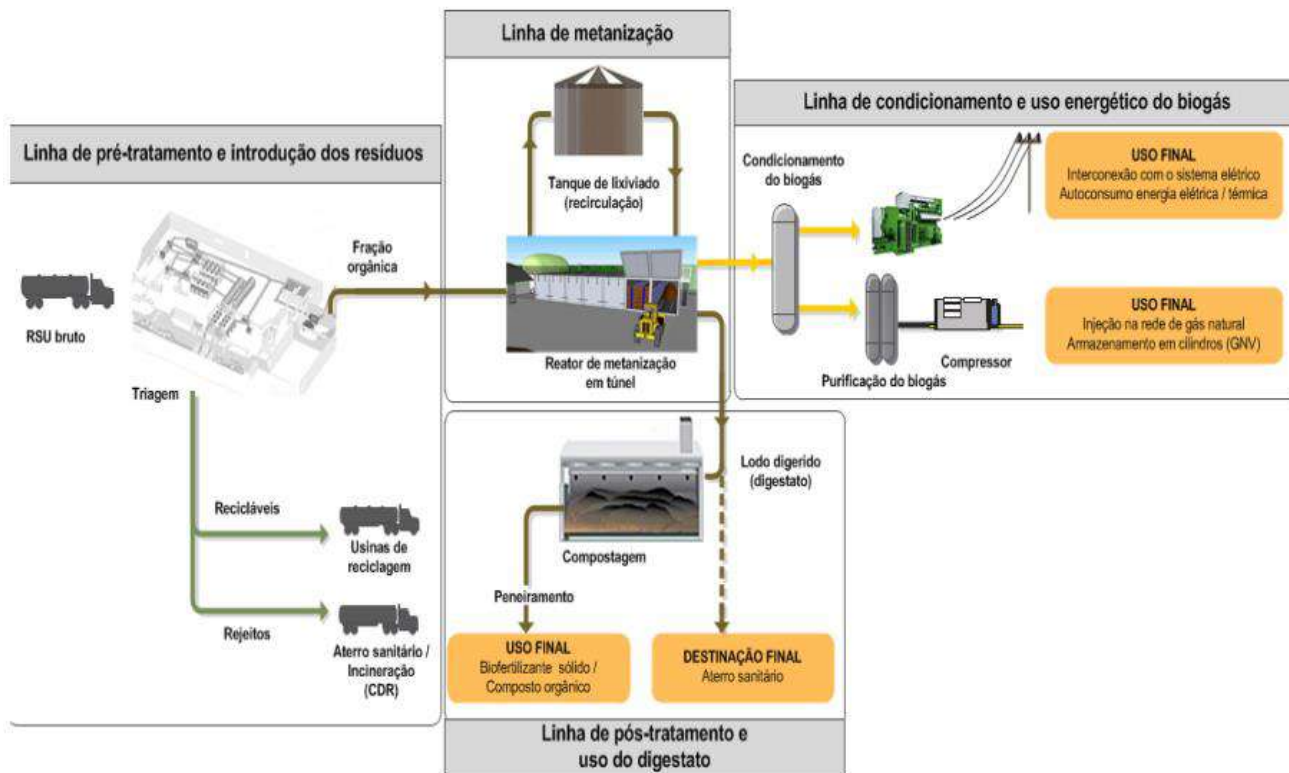
A tecnologia Valorga consiste em separar e tratar os resíduos conforme o teor de suas frações. Cada fração é encaminhada a unidades de tratamento específicas para que então se possa extrair o potencial máximo de reaproveitamento desses resíduos.

As unidades de plantas de TMB que utilizam de tecnologias de biometanização podem ser divididas nas seguintes seções principais:

- Sistema de pré-tratamento;
- Reator(es) de metanização;
- Unidade de compostagem, armazenamento e refino do composto;
- Condicionamento e aproveitamento energético do biogás;
- Tratamento/disposição final da fração sólida residual;
- Instalações de correção da contaminação.

Todas essas etapas podem ser visualizadas na figura 10.

Figura 10: Diagrama básico de uma planta de tratamento mecânico biológico (TMB).



Fonte: COLTURATO, 2016

De todo os resíduos encaminhados para essa planta, os produtos formados seguem distribuídos conforme a tabela 2.

Tabela 2: Porcentagem das frações de RSU destinadas a cada etapa do processo.

DESTINAÇÃO		PORCENTAGEM DE RSU
Descartado na etapa de separação		45%
Reciclagem		5%
Reator	Compostagem	12,5%
	Convertido em Biogás	8%
	Rejeitado	29,5%
TOTAL		100%

Fonte: Gomes e Cavalcanti, 2016

Dessa maneira, a geração de receitas dessa planta se dá pela venda do biogás, que é o principal produto da planta, de material reciclado, e de material compostado. Além disso, para esse projeto, há uma outra fonte de receita que advém do *Gate Fee*, taxa paga pelo governo para tratar os RSU por tonelada recebida.

Já em relação aos custos do empreendimento, estes foram divididos em dois macro grupos, que são custos de investimento e custos operacionais. O primeiro se refere ao custo de implantação, enquanto o segundo aos gastos relativos ao funcionamento da planta, tendo este parte natureza fixa e parte variável com a produção. E, por se tratar de uma tecnologia recente, tanto o valor dos custos quanto das receitas, para a maioria dos projetos de digestão anaeróbia não são divulgados publicamente. Dessa maneira, foram feitas estimativas tomando como referência o estudo de NETO, SOUZA (2014), que desenvolveu modelos de estimativa de custos aplicado ao caso dos aterros sanitários para RSU e foram obtidos os seguintes valores para os custos:

- De investimento: R\$ 343.452.500,00.
- Operacionais: R\$ 74.829.020,00/ ano

Os elevados investimentos necessários das instalações, o alto custo operacional e a receita limitada indicam que as instalações de digestão anaeróbia devem ser subsidiadas. Esse valor a ser pago, por tonelada de resíduo tratado, foi calculado tomando como

referência a planta ECOPARC 2, da Espanha, que também utiliza de um subsídio governamental. A Ecoparc 2 tem 67% dos seus custos investimento pagos por iniciativa privada e 33% pelo governo local e federal, o que corresponde a uma taxa de 100 euros por tonelada tratada na unidade.

Para estimar esse subsídio, foi calculado o menor valor a ser pago pelo governo para a planta ser viável economicamente e foi obtido o valor de R\$ 297,00 por tonelada de RSU recebido, e que, se comparado com o valor de disposição em aterros sanitários, é aproximadamente 5 vezes maior.

Ainda considerando a viabilidade da planta, a destinação do biogás produzido é determinante e sua localização foi estrategicamente escolhida baseada nesse fator. Dessa maneira, escolheu-se o bairro de Santa Cruz, devido a existência da Usina Termelétrica nesse município, e então a ela seria destinado todo o biogás produzido onde seria utilizado como combustível.

A composição do biogás obtido por biodigestão varia de acordo com as características do resíduo e as condições de funcionamento do processo de digestão. No entanto, ele é constituído principalmente por metano (CH_4) e dióxido de carbono (CO_2), e em menores proporções, por nitrogênio (N_2), vestígios de sulfeto de hidrogênio (H_2S) e oxigênio (O_2).

Sendo assim, a exigência de tratamento do biogás depende da aplicação do seu uso final. No caso em questão, o destino do biogás produzido é a usina termelétrica, e dessa maneira, o uso de biogás em caldeiras requer apenas o tratamento mínimo para a remoção de contaminantes presentes na mistura (DELFINO, 2016).

Logo, foi considerado que o biogás produzido pela planta atendia à especificação para ser comercializado como combustível para a usina termelétrica de Santa Cruz.

Para determinar a capacidade instalada da planta, foi feita uma análise considerando a capacidade instalada de outras plantas que utilizam a mesma tecnologia, a oferta de matéria-prima e a demanda por biogás. Como não há problemas de disponibilidade de matéria-prima no município de Santa Cruz e entorno, bem como a demanda do biogás pela usina ser muito maior do que o volume de biogás produzido qualquer que fosse a capacidade de produção da planta, optou-se por uma capacidade igual a 400.000 t/ano – o que faria desta planta uma das maiores do mundo com essa tecnologia.

Uma vez a capacidade instalada escolhida, os resultados obtidos no trabalho anterior para vazão dos produtos obtidos e receitas geradas por eles constam na tabela 3.

Tabela 3: Quantidade produzida e receita gerada por produtos.

Produto	Quantidade (t/ano)	Receita (R\$/ano)
Biogás	11.598,4	25.937.573
Reciclados	18.100	2.172.000
Composto	42.250	4.225.000

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados de Gomes e Cavalcanti, 2016

Conforme observado, o produto gerado em menor quantidade, o biogás, é o que confere maior receita, seguido do material compostado e dos reciclados, que possuem menor valor agregado.

Dessa maneira, como já mencionado, a viabilidade da planta não é sustentada pelas receitas oriundas dos produtos por ela produzidos, necessitando então do subsídio governamental para que possa ser viabilizada economicamente.

Então, faz-se necessário um estudo dos mecanismos auxiliares na viabilização da planta, que serão utilizados nesse trabalho como propostas que podem:

- a) Reduzir o valor do *Gate Fee*, os quais são:
 - a.1) Créditos de Carbono;
 - a.2) Impostos.

- b) Justificar o investimento do Governo, os quais são:
 - b.1) Aumento da vida útil do aterro sanitário de Seropédica;
 - b.2) Economia de aterro;
 - b.3) Geração de empregos e desenvolvimento das condições de trabalho;
 - b.4) Marketing verde;
 - b.5) Melhoria da relação saúde-meio ambiente.

Dessa maneira, uma vez que o conteúdo teórico de cada um dos mecanismos for analisado, será possível dar continuidade ao capítulo seguinte da discussão dos resultados para verificar a relevância destes na decisão final do Governo.

3.2.Mecanismos de redução do *Gate Fee*

3.2.1. Créditos de Carbono

Em virtude da frequente repercussão do aquecimento global e suas consequências, esse assunto tomou proporções mundiais, uma vez que o sistema climático do planeta está sendo afetado de forma imprevisível. Muito se tem debatido sobre o tema, mas soluções para conter os danos ambientais encontram barreiras quando a adoção de práticas ambientalmente sustentáveis atingem os cofres públicos e privados.

Dessa maneira, reconhecendo a necessidade de determinar um processo permanente de revisão, discussão e troca de informações sobre questões do aquecimento global, o Protocolo de Kyoto foi criado em 1997, com o objetivo de estabelecer metas de redução de emissão de gases de efeito estufa (GEE) no período compreendido entre 2008 à 2012. De tal forma, esse documento complementa, ao definir metas e estabelecer instrumentos mais rígidos para a efetivação das obrigações dos países constituintes, as medidas que foram estabelecidas na Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas em 1992, onde foram firmados compromissos que promovessem a estabilização das concentrações de GEE na atmosfera (MACHADO, 2006).

Para isso, o Protocolo de Kyoto propôs três tipos de Mecanismos de Flexibilidade que, baseado em incentivos, contribuem para que a adoção das práticas previstas seja economicamente viável. O primeiro mecanismo foi a Implementação Conjunta, que permite a implantação de projetos de redução de emissões de GEE entre países que apresentam metas a cumprir (países do Anexo I do Protocolo de Kyoto - Apêndice A). O segundo foi o Comércio de Emissões restrito também somente às Partes pertencentes do Anexo I, que permite que um país que tenha diminuído suas emissões abaixo de sua meta transfira o excesso de suas reduções para outro país que não tenha alcançado tal condição (SANTOS, 2011). E, por fim, o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), mecanismo que possibilita que países do Anexo I financiem projetos de redução de emissões ou comprem créditos de carbono de países não incluídos no referido anexo,

dando a estes países oportunidade de crescimento tecnológico, ambiental e financeiro (MACHADO, 2009).

Dessa maneira, as metas propostas pelo protocolo para serem atingidas através dos mecanismos de flexibilidade foram alcançadas por todos os países ao final do primeiro período de vigência do Protocolo (SANTOS, 2016).

Após o término da vigência do primeiro período do Protocolo de Kyoto (2008-2012), foi aprovado o segundo período do Protocolo de Quioto, decidido na 18ª Conferência das Partes (COP-18) de 2012 no Qatar, com a inclusão da chamada Emenda de Doha. Ela estabelece que esse segundo período será de oito anos, de 2013 até 2020. Mas para entrar em vigor, há necessidade de este aditivo ao protocolo ser ratificado por três quartos dos participantes, o que significa 144 países. Até final de 2016, apenas 70 o fizeram, dos quais somente 11 em 2016 (SANTOS, 2016).

Tal empecilho na ratificação da emenda, deve-se ao fato da criação de um novo tratado internacional: O Acordo de Paris.

O Acordo de Paris, aprovado na COP-21 em 2015, tem objetivo de reduzir emissões de gases de efeito estufa (GEE) no contexto do desenvolvimento sustentável. O compromisso ocorre no sentido de manter o aumento da temperatura média global em bem menos de 2°C acima dos níveis pré-industriais e de envidar esforços para limitar o aumento da temperatura a 1,5°C acima dos níveis pré-industriais (MMA, 2017a).

O acordo foi assinado por 196 países – incluindo a Autoridade Palestina –, dos quais 147 o ratificaram oficialmente, e entrou em vigor no dia 4 de novembro de 2016 após atingir o mínimo de 55 ratificações, representando 55% das emissões globais de gases do efeito estufa (DW, 2017).

As Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDC) do Brasil, ou seja, o compromisso assumido pelo país, foi de reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 37% abaixo dos níveis de 2005, em 2025, com uma contribuição indicativa subsequente de reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 43% abaixo dos níveis de 2005, em 2030. Para isso, o país se comprometeu a aumentar a participação de bioenergia sustentável na sua matriz energética para aproximadamente 18% até 2030, restaurar e reflorestar 12 milhões de hectares de florestas, bem como alcançar uma participação estimada de 45% de energias renováveis na composição da matriz energética em 2030 (MMA, 2017a).

Na intenção de permitir ao Brasil cumprir suas metas, acertadas pelo Acordo de Paris, quanto à redução de 43% das emissões de GEE, tendo por base o ano de 2005, foi

criado o RenovaBio, programa do Governo Federal lançado pelo Ministério de Minas e Energia, em dezembro de 2016, cujo objetivo é expandir a produção de biocombustíveis no Brasil, baseada na previsibilidade, na sustentabilidade ambiental, econômica e social, e compatível com o crescimento do mercado. Além disso, o RenovaBio não propõe a criação de imposto sobre carbono, subsídios, crédito presumido ou mandatos volumétricos de adição de biocombustíveis a combustíveis, o que dá maior competitividade às indústrias desse setor frente às de origem fósseis (MME, 2016).

Uma das grandes inovações do Acordo de Paris está no fato de que os compromissos centrais de esforços no controle das emissões de GEE são comuns a todos, sem distinção entre países desenvolvidos e países em desenvolvimento. E para fomentar a ajuda mútua entre todos os países neste esforço coletivo de controle das emissões, o Acordo de Paris prevê a criação de mecanismos de cooperação, inclusive instrumentos econômicos e de mercado, que permitam a transação de títulos representativos do êxito de cada país no controle de emissões, ou o engajamento de projetos conjuntos de redução de GEE. Isto não é totalmente novo nas economias mundiais desde que o Protocolo de Kyoto criou o “comércio de emissões” entre países desenvolvidos, e o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) – com projetos de redução de emissões envolvendo países em desenvolvimento. A diferença é que com o Acordo de Paris esse mercado atinge escala global, permitindo a participação de todos os países – desde que cumpridas regras que resguardem a integridade do mercado em relação à efetiva redução de emissões de gases de efeito estufa (ESTADÃO, 2016).

Para garantir o comércio das emissões de crédito de carbono, o Governo brasileiro submeteu à Convenção do Clima das Nações Unidas duas propostas de regulamentação do Acordo de Paris que trata dos mecanismos do comércio de emissões. A primeira submissão deixa claro que projetos de redução de desmatamento não devem ser elegíveis para gerar créditos de carbono no chamado MDS (Mecanismo de Desenvolvimento Sustentável, substituto do MDL). Já a segunda proposta, o Brasil propõe que só poderão ser transacionadas as emissões que estiverem abaixo da média reportada nos últimos três inventários nacionais de emissões. Sendo assim, haverá a redução dos créditos de carbono passíveis de entrar no mercado, o que pode aumentar o preço da tonelada de CO₂. Nesse mesmo documento o governo brasileiro propôs que certificados de redução de emissões (CERS) gerados pelo MDL no Protocolo de Kyoto possam ser carregados para o Acordo de Paris para continuarem a ser transacionados (OC, 2016).

E, em se tratando do comércio de emissões, por convenção, uma tonelada de dióxido de carbono (CO₂) corresponde a um crédito de carbono, sendo isto negociado no mercado internacional. Os GEEs com maior poder calorífico causam maior dano ambiental e, portanto, a expedição do certificado de emissões reduzidas (CER) guarda correlação com o poder calorífico destes gases (projetos de redução de emissão que envolvam gases mais caloríficos gerarão mais CERs (SOUZA, 2010).

Tal correlação se dá através da seguinte forma: A moeda no mercado de créditos de carbono é calculada através da conversão do potencial de aquecimento global do GEE em 1 tonelada métrica equivalente de dióxido de carbono. Por exemplo, o metano (CH₄) tem potencial de aquecimento global igual a 28, isso quer dizer que, 1 tonelada de CH₄ corresponde a 28 toneladas de CO₂ equivalente (28 t CO₂eq). Para melhor visualização, na tabela 4 estão relacionados os principais GEE e seus potenciais de aquecimento global:

Tabela 4: Potencial de Aquecimento Global dos GEE.

Gases	Potencial de Aquecimento Global (efeito cumulativo em 100 anos)
CO ₂	1
CH ₄	28
N ₂ O	265
CF ₄	6630

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do IPCC 2014

Como observado, o potencial de aquecimento global do metano é 28 vezes maior do que o do carbono, e sendo o metano o principal gás emitido pela digestão anaeróbica dos RSU, esse gás assume papel relevante nos danos causados pelas emissões. E, por isso, sua captação é atrativa sob ponto de vista econômico, uma vez que gera 28 vezes mais CERs do que o gás carbônico.

Dessa maneira, o mercado de CERs é o mercado gerado pelas transações de compra e venda de certificados, para fins de cumprimento das metas de reduções de emissão dos GEE. Esse tipo de mercado de carbono se caracteriza pelo princípio de que quem polui deve comprar a quantidade de tCO₂ eq/ano que ultrapassou sua meta de

poluição, ou então vender as quantidades de redução de GEE que estão abaixo do limite de poluição (SANTOS, 2011).

Além do aspecto técnico no registro e expedição das CERs, percebe-se uma clara atenção à questão financeira, exigida na preparação da documentação, obrigatória para os processos de validação e registro (MACHADO, 2009).

No que se refere aos custos de emissão de um certificado de emissões reduzidas, foram considerados os custos envolvidos na emissão dos CERs, e estes por sua vez variam conforme a atividade a ser desenvolvida e o porte, o qual pode ser pequeno ou grande, conforme demonstrado no quadro 2:

Quadro 2: Custos envolvidos nas etapas de emissão dos CER

Etapas	Atividade a serem desempenhadas	Valores Aproximados
Preparação e análise do projeto	Avaliação técnica inicial, avaliação do risco e documentação.	\$ 5 mil ~ \$ 25 mil
Preparação do Documento de Concepção do Projeto (PDD)	PDD e plano de monitoramento	\$ 10 mil ~ \$ 55 mil
	Elaboração de uma nova metodologia (caso necessário)	Até \$ 100 mil
Processo de Validação	Processamento e documentação	\$ 10 mil ~ \$ 40 mil
Autorização pela AND	Autorização pela Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima	\$ 0
Registro no Conselho Executivo	Taxa de registro	\$ 5 mil ~ \$ 30 mil
Contrato	Contratação de consultores	\$ 10 mil ~ \$ 20 mil
Monitoramento	Monitoramento do projeto	\$ 5 mil ~ \$ 10 mil por ano
Verificação e certificação	Verificação e certificação	\$ 15 mil ~ \$ 25 mil por ano (a primeira); as subsequentes são até \$ 15 mil
Emissão das RECs	Fundo de adaptação	2% das RECs
	Porcentagem dos rendimentos da RCEs	\$ 0, 10 para as primeiras 15.000 RECs/ \$ 0,20 pras as RCEs subsequentes até o máximo de \$ 350 mil
TOTAL DOS CUSTOS		\$ 60 mil ~ 205 mil

Fonte: Amordivino, 2015

Nesse sentido, para a geração de receitas oriundas dos créditos de carbono, devem ser levados em consideração os custos de emissão das CERs, que como visto acima, pode atingir valores expressivos. Uma vez conquistada essa certificação, quem promove a redução da emissão de gases poluentes tem direito a créditos de carbono e pode comercializá-los com os países que têm metas a cumprir (PORTAL BRASIL, 2012).

3.2.2. Incentivos fiscais

Segundo a FIRJAN (2016), a concessão de incentivo fiscal é um importante instrumento que os governos têm para promover o desenvolvimento econômico e social, a partir do estímulo à atividade empresarial.

Os incentivos fiscais são benefícios relacionados à carga tributária, concedidos pela Administração Pública para atrair empresas para determinada região ou estado. Tais incentivos podem ter a forma de redução da alíquota de imposto, ou isenção.

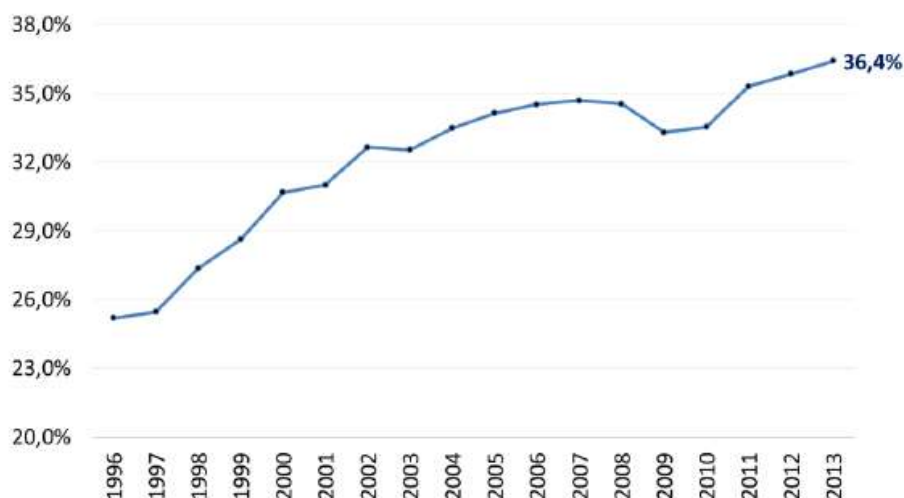
O incentivo se diferencia da renúncia fiscal, já que esta acontece quando a Administração Pública abre mão, por um determinado período de tempo, de uma parte do imposto devido pelas empresas ou setores que já estão instalados na região. Com isso, o governo evita que as empresas migrem para outros estados em busca de condições mais favoráveis. Ao abrir mão do imposto para um determinado setor, o estado permite que as empresas ganhem competitividade na concorrência com o produto de outros estados. Isso contribui para que as empresas não migrem para outros locais, em busca de alíquotas menores, por exemplo.

Já com a política de incentivos fiscais, ao atrair empresas para o estado, o governo aumenta sua receita. Ou seja, a empresa, que não estava instalada no estado, contribuirá com uma alíquota menor, mas não deixará de contribuir e o estado aumentará sua receita a partir dessa nova contribuição que será gerada. Além disso, quando a empresa passa a contribuir com uma alíquota menor por um período de tempo, ela consegue se estruturar para realizar investimentos, aumentar a produção, e assim gerar mais empregos.

Vale ressaltar que ao adotar essa política, seja de redução ou isenção da alíquota, o Estado estará atraindo novas empresas e gerando mais empregos formais. Ao gerar mais empregos, gera-se também mais renda para a região. Com mais emprego, mais renda e o fortalecimento de diferentes setores, o Estado consegue se desenvolver economicamente.

Uma vez que dentro do cenário atual, a carga tributária no Brasil vem crescendo ano após ano, como observado na figura 11, a instalação de uma planta deve-se atentar a tributação que incidirá sobre ela.

Figura 11: Evolução da Carga Tributária Brasileira (% do PIB)



Fonte: FIRJAN, 2016

Dessa maneira, a crescente taxa de impostos acaba impactando diretamente a viabilização da planta, uma vez que uma maior carga tributária provoca uma queda da margem de lucro do empreendimento. E nesse caso, como parte da receita é para pagar os impostos, o valor do *Gate Fee* seria menor caso houvesse alguma política de isenção ou redução fiscal.

Os impostos que Gomes e Cavalcanti (2016) consideraram que incidiriam sobre a planta são os impostos sobre as vendas (PIS⁶ e COFINS⁷) além dos impostos sobre o lucro (IR⁸ e CSLL⁹). É importante ressaltar que embora esses impostos sejam recolhidos pela União, parte considerável destes retorna aos Estados e municípios para ser aplicada em suas administrações.

⁶ Programas de Integração Social: Programa responsável por pagar o abono e renda dos trabalhadores privados (CAIXA, 2015).

⁷ Contribuição para Financiamento da Seguridade Social: Tributação federal sobre a receita das pessoas jurídicas destinada exclusivamente às despesas relativas à saúde, previdência e assistência social (LC 70/91).

⁸ Imposto de Renda: Tributo administrado pela Receita Federal, sendo devido tanto pelas pessoas jurídicas quanto físicas (PORTAL TRIBUTÁRIO, 2014).

⁹ Contribuição Social sobre o Lucro Líquido: Tributo federal que incide sobre o lucro das pessoas jurídicas, destinada ao financiamento da seguridade social (LEI N° 7.689/88).

3.3. Mecanismos que justificam o pagamento do *Gate Fee*

3.3.1. Aumento da vida útil do aterro

Considerou-se que parte dos RSU encaminhados para o aterro de Seropédica seria desviada para a planta projetada. Dessa maneira, há então uma redução do quantitativo de resíduos que chegam no aterro, o que contribui com um aumento do tempo de vida útil deste. Este desvio seria possibilitado pela parceria público-privada, previsto pelo PMGIRS na qual estimula essas iniciativas com o intuito de promover um gerenciamento dos RSU mais eficiente.

3.3.2. Economia de aterro

Com parte dos RSU sendo desviada do aterro sanitário, haverá uma redução do montante pago pela Prefeitura do Rio por tonelada de RSU para depositar seus resíduos no aterro. Esse valor deixará de sair do cofre da administração pública e poderá compensar parte do valor do tratamento dos RSU na planta de biometanização.

3.3.3. Contribuição à Sustentabilidade Ambiental e do Marketing verde

Segundo a American Marketing Association (AMA, 1995), o marketing verde foi definido como: "Esforços das organizações para produzir, promover, embalar e recuperar produtos de forma sensível ou sensível a preocupações ecológicas".

Dessa maneira, cada um tem sua parcela de responsabilidade: o governo com a implantação de uma legislação e fiscalização, aplicando sanções aos infratores; a sociedade com seu poder de cobrança e as empresas com a sua adequação a essa legislação e principalmente utilizar-se de uma ação mais proativa em relação ao meio ambiente, buscando assim diferenciarem-se perante os consumidores, membros essenciais em qualquer economia (BETTIM, 2011).

Segundo Bettim (2011), a cadeia produtiva ecologicamente responsável utiliza-se de ferramentas de controle como certificações ambientais, tais como a ISO 14000 - norma que controla a gestão ambiental das empresas. A certificação ISO 14000 estabelece a integração da responsabilidade ambiental em toda sua cadeia produtiva, desde o extrator

da matéria-prima até o vendedor final. Cabe à empresa aderir às exigências da ISO 14000 sobre os seus processos e produtos através de um sistema de gestão ambiental. A introdução de novos processos e tecnologias em relação a qualidade ambiental resultam no uso mais racional e produtivo de insumos, gerando uma redução nos custos de produção.

O conceito de marketing verde aplica-se ao caso estudado, uma vez que o empreendimento incorpora em seus processos conceitos de sustentabilidade, ao utilizar RSU como matéria-prima, o qual seria depositado em aterros, além de transformá-lo em produtos verdes. Como exemplo, o biogás, que pode ser utilizado como combustível, contribuindo com a mitigação dos danos ambientais por se tratar de uma alternativa aos combustíveis de origem fóssil; o composto, com alto potencial de aproveitamento agrícola zera a disposição de resíduos por ser depositado diretamente no solo a ser tratado; e os materiais reciclados que, por sua vez, voltam ao início da produção como matéria-prima.

3.3.4. Geração de empregos e o desenvolvimento das condições de trabalho

A geração de empregos ocasionada pela instalação da planta industrial é um dos fatores primordiais a ser considerado como uma externalidade positiva do empreendimento, fazendo então convergir com os interesses do Estado, o qual possui o compromisso constitucional de garantir emprego aos cidadãos.

Nesse contexto, a geração de empregos estimula o desenvolvimento das condições de trabalho, pois contribui para a redução dos empregos informais, cujas condições não são regulamentadas pelo governo, ou seja, não há vínculo empregatício, o trabalhador não possui registro em carteira, nem usufrui dos benefícios que lhes são de direito, como FGTS, direito à licença maternidade e auxílio do governo em caso de desemprego (ALONSO, 2012).

Além disso, a instalação de uma indústria também estimula a criação de empregos indiretos, que surgem nos setores que compõem a cadeia produtiva, já que a produção de um bem final estimula a produção de todos os insumos necessários à sua produção (MAIA, 2010).

Segundo estudo feito pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2014) intitulado: “Multiplicador local do emprego industrial: Mesorregiões brasileiras (2000-2010)”, para cada emprego industrial gerado tem-se a criação de,

aproximadamente 5,3 outros novos empregos na cadeia produtiva de serviços, ressaltando assim a importância do efeito multiplicador do emprego direto na indústria. Tal relação será utilizada na análise quantitativa de empregos gerados pela planta.

3.3.5. Relação saúde - meio ambiente

Os ganhos relacionados ao meio ambiente, além de trazerem benefícios imediatos para a população, contribuem para a mitigação dos danos ambientais futuros, que é o objetivo central do Acordo de Paris: Fortalecer a resposta global à ameaça da mudança do clima e de reforçar a capacidade dos países para lidar com os impactos decorrentes dessas mudanças (MMA, 2017).

Um outro aspecto a ser pontuado é a relação saúde - meio ambiente. O tratamento adequado dos RSU evitaria uma série de problemas ambientais tais como contaminação de água e solo e a propagação de doenças transmitidas por esses vetores.

4. Discussão dos Resultados

Os impactos gerados através da instalação de uma planta industrial no município de Santa Cruz vão muito além da esfera econômica. Juntamente com o crescimento da indústria de tratamento de RSU crescendo nesse município, outros fatores como desenvolvimento das condições de trabalho e criação de empregos, a distribuição de renda, e a contribuição à sustentabilidade ambiental local devem ser analisados.

Portanto, para um melhor entendimento desses impactos na região, deve-se, primeiramente, conhecer o bairro de Santa Cruz, bem como sua realidade e necessidades para que se possa analisar o quão relevante são esses efeitos para o desenvolvimento do bairro.

Santa Cruz é um bairro da zona oeste, em franco crescimento. Possui um comércio bem desenvolvido, um sistema educacional que atende satisfatoriamente à demanda, além de possuir um complexo industrial expressivo, com indústrias de grande porte que dinamizam a economia local. Também se caracteriza como um bairro proletário, em que coexistem diversos problemas como dificuldades de transporte, falta de saneamento adequado em certos pontos, problemas sociais devido a ação de milícias nas comunidades carentes e problemas ambientais sérios, principalmente causados pelas indústrias na região (Portal Geo Rio, 2010).

Além disso, ao analisar os impactos gerados pela instalação da planta, deve-se ter em mente que tais resultados podem ser vistos a longo prazo, já que os aterros sanitários que possuem uma vida útil de operação relativamente curta. Dessa maneira, além dos benefícios gerados, mencionados a seguir, há também de se fazer uma consideração sobre os impactos negativos que serão evitados. Ou seja, durante a fase de desativação de um aterro, muitas atividades econômicas são encerradas também. Atividades de coleta seletiva, reciclagem, manutenção e operação do aterro se encerram, pondo fim a geração de renda dos trabalhadores, o que conseqüentemente impacta negativamente na economia local.

Dessa maneira, o objetivo desse capítulo é fazer um levantamento dos impactos causados nas diferentes áreas, separando os que contribuem para a diminuição do *Gate Fee*, daqueles que podem ser considerados como uma externalidade positiva e portanto, justificariam o pagamento do Governo para o tratamento dos RSU.

4.1.Redução do valor do *Gate Fee*

4.1.1. Créditos de Carbono

Os estudos de BITENCOURT (2007) e SILVA (2015), que realizaram projetos de recuperação de biogás, afirmaram que a viabilidade dos projetos de reaproveitamento energético do gás produzido a partir dos RSU em aterros está intimamente relacionada com a receita proveniente dos créditos de carbono, fazendo desta receita imprescindível no projeto.

Nesse sentido, foi considerado que o comércio de emissões de crédito de carbono continua vigente no Acordo de Paris, e que os cálculos realizados para quantificar esses créditos são análogos ao método proposto pelo Protocolo de Kyoto.

Dessa forma, para se obter a receita proveniente dos créditos de carbono na planta de biogás analisada, é necessário conhecer a quantidade de metano produzida, em tonelada, e então converter essa quantidade de metano em tonelada de CO₂ equivalente, já que é a unidade utilizada na comercialização, utilizando a relação de que o potencial de aquecimento global do metano é 28 vezes maior do que o do dióxido de carbono, como visto na tabela 4.

No estudo de Gomes e Cavalcanti (2016), foi calculado que a quantidade de biogás produzido por ano é igual à 17,6 Mm³. O cálculo foi realizado utilizando a seguinte relação:

$$Qg = Fu . Ct . Fd . Pg$$

Onde,

Qg: Produção de Biogás (m³/ano)

Fu: Fator de utilização da planta =90,5%

Ct: Capacidade instalada da planta = 400.000 t/ano

Fd: Fração do resíduo orgânico que vai para o digestor = 50% do RSU total

Pg: Produtividade de Biogás = 97 (m³/t resíduo orgânico)

Segue o cálculo abaixo:

$$Qg = 0,905 . 400000 (t/ano) . 0,5 . 97 (m^3/t \text{ resíduo orgânico}) = 17,6 \text{ Mm}^3/\text{ano}$$

Importante ressaltar que, no cálculo da vazão de biogás realizado no estudo de Gomes e Cavalcanti (2016), foi considerado que a fração orgânica presente nos RSU é de 50%. Entretanto, pelos dados da PMGIRS (2015) tem-se que essa fração corresponde a 32% dos RSU.

Dessa maneira, foi recalculado o valor de vazão de biogás produzida pela planta.

$$Q_g = 0,905 \cdot 400000 \text{ (t/ano)} \cdot 0,32 \cdot 97 \text{ (m}^3\text{/t resíduo orgânico)} = 11,2 \text{ Mm}^3\text{/ano}$$

Para saber a quantidade de metano presente no biogás, o IPCC (1996) recomenda a utilização de 50% em fração volumétrica para base de cálculo.

Então, para chegar na vazão de metano, em tonelada por ano, multiplica-se pela densidade do metano ($d = 0,659 \text{ kg/m}^3$).

Logo,

$$Q_{\text{CH}_4} = 11,2 \cdot 10^6 \text{ (m}^3\text{/ano)} \cdot 0,5 \cdot 0,659 \text{ (kg/m}^3) = 3,6904 \times 10^6 \text{ kg/ano}$$

$$Q_{\text{CH}_4} = 3690,4 \text{ t/ano}$$

Uma vez encontrada a vazão de metano, pode-se calcular a receita gerada pela venda dos créditos de carbono através da Equação 1 que converte o potencial gerador de efeito estufa do metano no potencial do dióxido de carbono (28 vezes) e multiplica pela cotação dos créditos de carbono pelo qual está sendo comercializado atualmente. Segundo a cotação do dia 28/05/2017, o valor do crédito de carbono era igual a EUR 5,19, (INVESTING.COM, 2017) o que equivale a R\$ 18,94 (com o euro valendo R\$ 3,65 na cotação desse mesmo dia pelo site dolarhoje.net.br).

$$R\$_{\text{TOTAL}} = Q_{\text{CH}_4} \cdot 28 \cdot R\$_{\text{TON}}$$

$$R\$_{\text{TOTAL}} = 3690,4 \times 28 \times 18,94 = R\$ 1.957.092,90/\text{ano}$$

Além disso, deve-se levar em consideração os gastos envolvidos no registro e emissão dos CERs para a venda dos créditos de carbono, que como visto anteriormente, possuem expressiva relevância.

Considerando baixo o porte de geração de biogás na planta, em vista do que é gerado em aterros sanitários, por exemplo, tem-se o valor de 60 mil dólares, conforme o quadro 2.

Fazendo o câmbio da moeda (com o dólar valendo R\$3,23) obtém-se o valor correspondente à R\$193.800,00. Dessa maneira, esse valor precisa ser abatido do valor da comercialização dos créditos de carbono. Em seguida, considerando para o ano atual, tem-se o valor obtido pela venda de créditos de carbono:

$$\text{TOTAL} = \text{R}\$1.957.092,90 - \text{R}\$193.800,00 = \text{R}\$ 1.763.292,90$$

No estudo de 2016, o cálculo do *Gate Fee* realizado não levou em consideração a receita gerada pelos créditos de carbono. Dessa maneira, se essa receita tivesse entrado na conta, o valor do *Gate Fee* seria menor.

Entretanto, a receita proveniente dos créditos de carbono tem aproximadamente a mesma grandeza do que a menor receita que a planta gera, que é referente aos materiais reciclados, e corresponde a 1,48% do valor do subsídio a ser pago, o que leva a crer que tal receita não impactaria relevantemente no valor do *Gate Fee*. Mas, isso não quer dizer que essa receita é desprezível, uma vez que o valor desta, de aproximadamente 1,8 milhões, contribui na dinamização da economia do empreendimento.

Como pontos positivos para o governo, a venda de créditos de carbono ajuda a inserir o Brasil no mercado internacional, bem como promover o marketing verde associado a essa prática, já que toneladas de GEE tiveram suas emissões evitadas. Além disso, economicamente, contribui ligeiramente na redução do valor do subsídio a ser pago.

4.1.2. Arrecadação Tributária

A incidência de impostos cobrados a serem pagos pelo empreendimento, apesar de serem fatores que influenciam na viabilidade econômica da planta, funcionam como externalidades positivas para o governo.

No cálculo da viabilidade econômica, realizada no estudo de 2016, foi considerado para os impostos sobre vendas (PIS e COFINS) a alíquota máxima de 9,25% e para imposto sobre o lucro (IR e CSLL) o valor foi de 34%. Dessa forma, o quadro 3 revela o valor recolhido através dos impostos de 2016 até 2027.

Quadro 3: DRE projetada da planta para os próximos 12 anos

FC Planta (2016 - 2027)	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Receita						
Receita Biogás			25.937.573	25.937.573	25.937.573	25.937.573
Receita Material Reciclável			2.172.000	2.172.000	2.172.000	2.172.000
Receita Material Compostado			4.525.000	4.525.000	4.525.000	4.525.000
Receita Gate Fee			169.200.000	169.200.000	169.200.000	169.200.000
Receita Bruta			201.834.573	201.834.573	201.834.573	201.834.573
(-) Imposto S/Vendas (PIS e Cofins)			3.002.381	3.002.381	3.002.381	3.002.381
Receita Líquida			198.832.192	198.832.192	198.832.192	198.832.192
(-) CPP			90.436.498	90.436.498	90.436.498	90.436.498
EBIT			108.395.694	108.395.694	108.395.694	108.395.694
(+) Depreciação			24.041.675	24.041.675	24.041.675	24.041.675
EBITDA			132.437.369	132.437.369	132.437.369	132.437.369
(-) Despesa Financeira		31.597.630	28.437.867	25.278.104	22.118.341	18.958.578
(-) Depreciação			24.041.675	24.041.675	24.041.675	24.041.675
LAIR			79.957.827	83.117.590	86.277.353	89.437.116
(-) IR e CSLL		0	27.185.661	28.259.981	29.334.300	30.408.619
Lucro		-31.597.630	52.772.166	54.857.609	56.943.053	59.028.497

FC Planta (2016 - 2027)	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Receita						
Receita Biogás	25.937.573	25.937.573	25.937.573	25.937.573	25.937.573	25.937.573
Receita Material Reciclável	2.172.000	2.172.000	2.172.000	2.172.000	2.172.000	2.172.000
Receita Material Compostado	4.525.000	4.525.000	4.525.000	4.525.000	4.525.000	4.525.000
Receita Gate Fee	169.200.000	169.200.000	169.200.000	169.200.000	169.200.000	169.200.000
Receita Bruta	201.834.573	201.834.573	201.834.573	201.834.573	201.834.573	201.834.573
(-) Imposto S/Vendas (PIS e Cofins)	3.002.381	3.002.381	3.002.381	3.002.381	3.002.381	3.002.381
Receita Líquida	198.832.192	198.832.192	198.832.192	198.832.192	198.832.192	198.832.192
(-) CPP	90.436.498	90.436.498	90.436.498	90.436.498	90.436.498	90.436.498
EBIT	108.395.694	108.395.694	108.395.694	108.395.694	108.395.694	108.395.694
(+) Depreciação	24.041.675	24.041.675	24.041.675	24.041.675	24.041.675	24.041.675
EBITDA	132.437.369	132.437.369	132.437.369	132.437.369	132.437.369	132.437.369
(-) Despesa Financeira	15.798.815	12.639.052	9.479.289	6.319.526	3.159.763	
(-) Depreciação	24.041.675	24.041.675	24.041.675	24.041.675	24.041.675	24.041.675
LAIR	92.596.879	95.756.642	98.916.405	102.076.168	105.235.931	108.395.694
(-) IR e CSLL	31.482.939	32.557.258	33.631.578	34.705.897	35.780.217	36.854.536
Lucro	61.113.940	63.199.384	65.284.827	67.370.271	69.455.715	71.541.158

Fonte: Gomes e Cavalcanti, 2016

Anualmente, este empreendimento paga ao Governo Federal, em impostos, um valor superior à maior receita, que é a obtida pela venda do biogás.

De imediato, a arrecadação de impostos é uma externalidade positiva para o governo, e poderia ser um dos fatores que justificariam o pagamento do subsídio.

Entretanto, sendo este um valor considerável nas contas desse empreendimento, se o Governo aplicasse alguma política de redução ou isenção fiscal, ainda assim

continuaría sendo um benefício para o Governo já que, dessa maneira, o valor do *Gate Fee* pago seria menor.

E, como observado, não foi computado o imposto estadual ICMS¹⁰, ou seja houve uma política de isenção fiscal para esse imposto, que para o caso em questão não incide sobre o empreendimento por este se tratar da administração dos resíduos sólidos urbanos.

Logo, os impostos podem ser também considerados como um dos benefícios para o Governo que justificam a instalação da planta no Rio de Janeiro.

4.2. Justificativas para o pagamento do *Gate Fee*

4.2.1. Aumento da vida útil do aterro

Pelo fato da planta ser localizada em Santa Cruz, foi feita uma estimativa dos RSU gerados no município e bairros no entorno. Essa estimativa, realizada no projeto anterior, foi feita levando-se em consideração a população dos bairros escolhidos e a taxa que mede a quantidade de RSU gerada no ano por habitante na cidade do Rio de Janeiro, calculada pela ABRELPE, no ano de 2014. O quadro 4 mostra a quantidade estimada de RSU gerada pelos bairros.

¹⁰ Imposto sobre operações relativas à circulação de mercadorias e sobre prestações de serviços de transporte interestadual e intermunicipal e de comunicação (LC N°87/96).

Quadro 4: Total do RSU gerado por ano na região próxima da planta sugerida.

Bairro	População	Ton de RSU / Ano
Itaguaí	119.113	57.665
Guaratiba	110.049	53.264
Sepetiba	56.575	27.382
Vargem Grande	14.039	6.795
Vargem Pequena	27.250	13.189
Grumari	167	81
Pedra de Guaratiba	9.488	4.592
Santa Cruz	217.333	105.189
Campo Grande	330.000	159.720
Total	884.014	427.877

Fonte: Gomes e Cavalcanti, 2016

Dessa maneira, como a oferta de matéria-prima na região soma 427.877 toneladas por ano, como totalizado no quadro 4, atendendo à dimensão da planta, tomou-se como hipótese que todos esses resíduos produzidos seriam encaminhados para a planta, sendo disposto no aterro de Seropédica, os rejeitos da planta.

Essa alteração traz impactos ambientalmente positivos, uma vez que esse desvio aumentaria o tempo de vida útil do aterro, já que parte do volume de resíduos deixaria de ser depositado no CTR-Rio.

Segundo a ficha técnica da concessionária que opera o CTR-Rio, CICLUS, o tempo de vida útil desse aterro é de $t = 18$ anos e possui uma capacidade de recebimento de 9000 toneladas por dia (CTR-RIO, 2011). Com esses dados, pode-se então calcular em quanto tempo seria prolongada a vida útil do aterro.

A capacidade de recebimento do aterro anualmente é dada por:

$$Ca = Cd \cdot 365 \text{ dias}$$

Onde,

Cd: Capacidade de recebimento de RSU no aterro por dia;

Ca: Capacidade de recebimento de RSU no aterro por ano.

$$9000 \frac{\text{toneladas}}{\text{dia}} \frac{365 \text{ dias}}{1 \text{ ano}} = 3285000 \frac{\text{toneladas}}{\text{ano}}$$

Dessa forma, se fossem desviadas $C_{des} = 427.877$ toneladas por ano, desse aterro, o aumento da vida útil (t) seria de:

$$(C_a - C_{des}) \cdot (18 + t) = C_a \cdot 18$$

$$(3285000 - 427877) \cdot (18 + t) = 3285000 \cdot 18 = 59130000$$

$$t = 2,7 \text{ anos}$$

Logo, o aumento da vida útil do CTR-Rio seria de 2,7 anos.

É importante ressaltar que o aumento da vida útil do aterro é uma consequência da diminuição de resíduos que são encaminhados para lá e que essa redução deve-se exclusivamente a atividades de reaproveitamento dos resíduos, o que reforça a ideia proposta pela Lei 12305/2010, que visa a reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos. É tendência mundial diminuir o volume de resíduos dispostos em aterros sanitários aumentando a reciclagem destes, uma vez que em aterros não devem ser dispostos os resíduos, e sim os rejeitos, somente. Pois uma gestão adequada dos resíduos traz um conjunto de possibilidades de destinações nas quais os resíduos podem ser integralmente reaproveitados. Dessa maneira, aumentar o tempo de vida útil do aterro é um dos grandes desafios, já que a produção de resíduos tem crescido acentuadamente.

Como aspectos positivos gerados, há uma maior otimização do espaço de disposição dos resíduos, e conseqüentemente o adiamento, em aproximadamente 3 anos, do encerramento do aterro, antes previsto para 2029. Esse adiamento confere um tempo maior na logística de encerramento e instalação de um novo aterro, seja na organização de licitações, na escolha de um novo lugar e na confecção de relatórios de impacto ambiental para o lugar escolhido. Dessa maneira, esse fator é relevante e tem que ser levado em consideração nas justificativas para o Governo aceitar a proposta de tratar seus RSU na planta industrial, já que é objetivo da prefeitura do Rio aumentar o tempo de vida útil dos aterros, adotando parcerias público-privada.

4.2.2. Economia de Aterro

Com a quantidade de RSU que deixa de ser depositado no CTR-Rio, a prefeitura do Rio de Janeiro deixa de pagar à concessionária pela disposição e essa economia pode ser abatida no valor a ser pago para entregar os RSU na unidade industrial. Vale ressaltar, que esse é um dos problemas enfrentados atualmente pelo Estado, e soluções devem ser analisadas para evitar que, por isso, a prefeitura volte a descartar seus resíduos em lugares não adequados.

Portanto, ao desviar parte dos resíduos encaminhados ao aterro de Seropédica, a dívida com a concessionária seria menor, e além disso, haveria a garantia de que esses resíduos realmente receberiam tratamento adequado e não acabariam indo para lixões.

Segundo O Globo (2017), a prefeitura desembolsa cerca de R\$50,00 a R\$70,00 por tonelada para dispor os resíduos em aterros. Nesse sentido, fixando um valor médio de R\$60,00 por tonelada, e sabendo que por ano são desviadas 427877 toneladas de RSU do CTR-Rio, a economia de aterro é dada da seguinte maneira:

$$Ea = Cdes . Custo$$

Onde;

Ea: Economia de aterro;

Cdes: Capacidade de RSU desviado do aterro;

Custo: Custo de disposição em aterro por tonelada recebida.

$$427877 \frac{\text{toneladas}}{\text{ano}} \frac{R\$ 60,00}{\text{tonelada}} = R\$ 25.672.620,00/\text{ano}$$

Como mencionado anteriormente, a dívida da prefeitura do Rio chega aos 18 milhões. Nesse caso, pode-se verificar que a economia de aterro é significativa e portanto, deve ser considerada como fator imprescindível na questão de viabilização da planta.

4.2.3. Geração de empregos e o desenvolvimento das condições de trabalho

A dinamização da economia local associada à oferta de empregos e geração de renda é um fator positivo que deve ser considerado como um dos benefícios trazido pela instalação da planta no município de Santa Cruz.

As atividades de implantação e operação da planta preveem a contratação de um dado número de trabalhadores, que deverão ser recrutados pelo órgão responsável pelo setor nesse empreendimento, ou por terceirizadas, mas levando em conta a política de contratação que beneficie a população local, justamente para não gerar possíveis conflitos culturais e ainda promover a economia daquela região através da geração de renda aos moradores.

Nesse sentido, a geração de empregos deverá contribuir para a ampliação da oferta de trabalho e dinamização da economia local, seja pelo aumento da massa salarial ou pela maior circulação de capital no mercado local, efeito que poderá ser mais intenso no município de Santa Cruz, devido a sua proximidade do empreendimento.

Para estimar a quantidade de empregos gerados por esse empreendimento, tomou-se como base a planta ECOPARC 2, que foi utilizada como referência em todo o estudo anterior. Por se tratar de uma planta industrial que emprega a mesma tecnologia de tratamento dos RSU, a quantidade de empregos gerados pela ECOPARC 2 (Unidade de Barcelona) seria igual à da planta projetada para operar no Rio de Janeiro, se as capacidades de instalações fossem iguais. Como a capacidade de instalação da ECOPARC 2 (240.000 ton/ano) é inferior à da planta projetada no estudo anterior (400.000 ton/ano), estima-se que a quantidade de empregos gerados pela planta de Santa Cruz seja maior do que a da ECOPARC 2. Entretanto, para efeitos de cálculo, a aproximação utilizada neste trabalho é que o número de empregos gerados pela planta em questão é o mesmo gerado pela unidade da ECOPARC 2, que emprega 105 trabalhadores (Solid Waste Management Report, 2005).

Com a instalação deste empreendimento, os bairros no entorno obterão uma dinamização impulsionada pela maior circulação de indivíduos consumidores por conta da acessibilidade, o que poderá aumentar a clientela e as vendas dos estabelecimentos comerciais e de serviço no entorno. Os estabelecimentos existentes poderão vir a incrementar seus negócios com mais aquisições de mercadorias e contratação de pessoal. Além disso, esse efeito dinamizador poderá ainda provocar a abertura de novos

estabelecimentos e renda na escala local. Por fim, a dinamização da economia local possibilitará um incremento da arrecadação tributária.

Dessa maneira, haverá a criação de aproximadamente 557 empregos indiretos, (utilizando a relação de que cada emprego industrial gera 5,3 empregos indiretos, como mencionado na revisão bibliográfica). Logo, esse empreendimento gera ao todo 762 empregos, o que de fato, traria uma maior dinamização da economia local.

Em vista desses fatores, esse impacto é positivo, direto, com abrangência local e pode ser observado a longo prazo.

4.2.4. Contribuição à Sustentabilidade Ambiental e do Marketing Verde

A contribuição à sustentabilidade ambiental local se dá por diversos fatores, sendo um deles a conscientização da população em relação ao desenvolvimento de práticas de tratamentos de RSU ambientalmente corretas. Isso ocorre já que o exemplo internacional do tratamento de RSU seria incorporado à realidade da região, através da implementação da indústria de biometanização, tornando-a referência para as outras regiões brasileiras.

Ao adotar uma postura ambientalmente sustentável, a imagem da empresa é valorizada, atraindo clientes e acionistas. Dessa forma, esse diferencial facilita o crédito junto ao governo, aumenta as vendas e investimentos na organização, aumentando assim sua receita, e trazendo uma vantagem competitiva de mercado para a empresa (AMORDIVINO, 2015).

Em contrapartida, essa valorização alcança também seus clientes. No caso em questão, a Usina de Santa Cruz que passa a adquirir parte de seu combustível através de fonte renovável, incorporando assim conceitos de sustentabilidade em sua gestão. E não obstante, o Estado é englobado nessa prática, sendo visto como referência em sustentabilidade. Pois além dos ganhos ambientais, o Rio de Janeiro passaria a ser exemplo para outros estados, reforçando assim sua imagem de Estado consciente e executor das boas práticas de tratamento de RSU.

Tal aspecto possui grande relevância, uma vez que o Rio de Janeiro é conhecido mundialmente pelas suas belezas naturais, embora seja também mundialmente sabido que no Rio de Janeiro os níveis de conscientização ambiental ainda são imaturos. Lixos jogados no chão e rios, causando enchentes, praias impróprias para banhistas, e recentemente com o caso dos atletas estrangeiros que passaram mal durante a prova de

remo nas Olimpíadas, devido à poluição da Lagoa Rodrigo de Freitas, esse retrato do Rio de Janeiro foi repercutido mundialmente.

4.2.5. Saúde e Meio Ambiente

A disposição inadequada dos resíduos acarreta uma série de danos ambientais que facilmente se propagam até impactar negativamente a saúde da população no entorno.

Esses danos são decorrentes das emissões de substâncias como metano, dióxido de carbono, benzeno e cádmio e siloxanos. A exposição a alguns destes elementos químicos pode ser cancerígena. Os principais afetados são moradores vizinhos aos vazadouros a céu aberto ou que trabalham com os resíduos, como catadores de materiais recicláveis e funcionários de limpeza urbana. Danos como a poluição do ar e a contaminação do solo e de lençóis freáticos também são consideráveis, segundo a ISWA – sigla em inglês para Associação Internacional de Resíduos Sólidos (CIDADE VERDE, 2015).

Essa instituição realizou um levantamento, de 2010 a 2014, no qual estimou que durante esse período o governo federal gastou 8,4 bilhões devido a esses danos ao meio ambiente.

E, como a relação do descarte inadequado e da saúde é indissociável, esses prejuízos acabam afetando a saúde da população. Em um estudo realizado por essa mesma instituição, foi verificado que o governo brasileiro gasta cerca de R\$ 1,5 bilhão por ano através do Sistema Único de Saúde (SUS) com doenças causadas pela destinação incorreta de resíduos. Foram contabilizados não só os custos para tratamento dos problemas de saúde das pessoas, provocados principalmente pela existência e manutenção dos vazadouros a céu aberto, mas também o impacto de perdas de dias de trabalho por afastamento médico, os custos psicossociais causados aos moradores das áreas próximas aos vazadouros a céu aberto e os danos ambientais motivados por essas unidades regulares (CIDADE VERDE, 2015).

Dentre as principais causas dessas doenças estão a contaminação do solo e da água e transmissão por vetores que estão associados à disposição incorreta dos resíduos como demonstrado nas tabelas 5 e 6.

Tabela 5: Doenças relacionadas com a água

Grupo de doenças	Formas de transmissão	Principais doenças	Formas de prevenção
Transmitidas pela via feco-oral	O organismo patogênico (agente causador de doença) é ingerido.	diarréias e disenterias; cólera; giardíase; amebíase; ascaridíase (lombriga)...	- proteger e tratar águas de abastecimento e evitar uso de fontes contaminadas...
Transmitidas por vetores que se relacionam com a água	As doenças são propagadas por insetos que nascem na água ou picam perto dela.	malária; febre amarela; dengue; filariose (elefantíase).	- combater os insetos transmissores; - eliminar condições que possam favorecer criadouros.

Fonte: Ribeiro e Rooke, 2010

Tabela 6: Doenças relacionadas com o lixo e transmitidas por vetores

Vetores	Formas de transmissão	Principais doenças
Ratos	<ul style="list-style-type: none"> • através da mordida, urina e fezes; • através da pulga que vive no corpo do rato. 	<ul style="list-style-type: none"> • peste bubônica; • tifo murino; • leptospirose.
Moscas	<ul style="list-style-type: none"> • por via mecânica (através das asas, patas e corpo); • através das fezes e saliva. 	<ul style="list-style-type: none"> • febre tifóide; • salmonelose; • cólera; • amebíase; • disenteria; • giardíase.
Mosquitos	<ul style="list-style-type: none"> • através da picada da fêmea. 	<ul style="list-style-type: none"> • malária; • leishmaniose; • febre amarela; • dengue; • filariose.
Baratas	<ul style="list-style-type: none"> • por via mecânica (através das asas, patas e corpo); • através das fezes. 	<ul style="list-style-type: none"> • febre tifóide; • cólera; • giardíase.
Suínos	<ul style="list-style-type: none"> • pela ingestão de carne contaminada. 	<ul style="list-style-type: none"> • cisticercose; • toxoplasmose; • triquinelose; • teníase.
Aves	<ul style="list-style-type: none"> • através das fezes. 	<ul style="list-style-type: none"> • toxoplasmose.

Fonte: Ribeiro e Rooke, 2010

Dessa maneira, vê-se a importância que o tratamento de RSU possui tanto na preservação do meio ambiente quanto na prevenção de doenças. Nesse contexto, caso os resíduos fossem corretamente dispostos, o governo reduziria custos na área da saúde pública.

É importante ressaltar que os dados apresentados neste tópico são referentes a disposições inadequadas de RSU, ou seja, vazadouros a céu aberto e aterros controlados. Entretanto, a construção de aterros sanitários não garante a segurança ambiental em sua totalidade, como visto no capítulo 2. A suscetibilidade de danos ambientais decorridos das práticas realizadas em aterros sanitários, como vazamento de chorume, contaminação da água e do solo e a propagação de doenças são motivos que fortalecem o movimento do fim da construção de aterros.

A exemplo desse fato, pode-se citar a construção do CTR Rio, onde os moradores do entorno relataram mau cheiro e proliferação de insetos em suas residências (G1, 2012).

Nesse sentido, pode-se perceber a relevância da relação saúde-meio ambiente, já que quando não equilibrada, pode acarretar em altos custos de reparação.

Entretanto, embora sejam significativos os gastos envolvidos nesse cenário, para o caso em questão, esse fator não seria tão relevante para o Governo considerar a pagar o subsídio, uma vez que a instalação da planta não acarreta no fim de aterros e lixões, ou seja, esse gasto continuaria a existir.

4.2.6. Resumo dos Resultados

Para uma melhor compreensão do que foi estudado até aqui, foram compilados na tabela 7 os resultados obtidos através das discussões dos mecanismos viabilizadores da planta de tratamento dos resíduos sólidos urbanos e suas respectivas relevâncias frente a decisão do Governo de arcar com os custos do tratamento de seus resíduos na planta em questão.

Tabela 7: Resumo dos impactos gerados pelos mecanismos de viabilização da planta e suas respectivas relevâncias

Fatores	Impacto
Crédito de Carbono	R\$ 1.763.292,9 / ano
Impostos	R\$3.002.381,00 (PIS e COFINS) + R\$27.185.661,00 (IR e CSLL)
Aumento da vida útil do aterro	2,7 anos
Economia de aterro	R\$25.672.620,00
Marketing Verde	-----
Geração de emprego	762 empregos gerados
Saúde – Meio Ambiente	-----

Fonte: Elaboração própria

Embora grande parte dos mecanismos encontrados para auxiliar a viabilização da planta sejam relevantes para contexto em questão, ao analisá-los em conjunto, pode-se ver que:

1º) O valor do *Gate Fee* praticamente não foi reduzido. É claro que, com a adição da receita dos créditos de carbono e com uma possível isenção fiscal, o valor do *Gate Fee* reduziria, mas muito pouco perto do que ele representa anualmente. Fazendo uma breve estimativa dessa redução, considerando o valor dos créditos de carbono (cerca de 1,8 milhões de reais anual) mais a isenção do PIS e COFINS (supondo aqui um benefício fiscal que consistisse na redução a zero destes impostos: cerca de R\$ 3.000.000,00 anual) haveria uma redução de aproximadamente R\$ 5.000.000,00 para ser abatido dos R\$118.863.000,00 a serem pagos por ano à planta de biometanização. Sendo assim, o valor do subsídio continuaria sendo elevado, dificultando então a viabilização da planta.

2º) As externalidades positivas, por si só, contribuem com a viabilização da planta e possuem grande relevância para o Governo, devido à criação de empregos e desenvolvimento das condições de trabalho, dinamização da economia, marketing verde e a contribuição para a sustentabilidade local, apesar da dificuldade de justificá-las sob o ponto de vista econômico. Além disso, a proposta dessa implantação traz uma alternativa

aos problemas enfrentados atualmente na construção de aterros devido ao grande volume a ser disposto bem como a falta de espaço nos centros urbanos que atenda as especificações da construção de aterros sanitários. Entretanto, a viabilização da planta encontra uma outra barreira em termos da tecnologia empregada. A utilização dessa tecnologia, que ainda não é muito difundida no Brasil, além de ser cara, requer uma adaptação para as condições dos RSU do Brasil, já que estes possuem baixíssimo teor de segregação. E nesse caso, os custos com reparação, manutenção e operação da planta poderiam ser maiores do que o previsto.

5. Conclusão

A fim de analisar parâmetros que favorecessem a viabilização da planta de tratamento de RSU, esse trabalho realizou um estudo nas diferentes áreas que sofreriam impactos com a instalação do empreendimento de geração de biogás a partir de resíduos sólidos urbanos. Buscou-se encontrar externalidades positivas que justificassem o pagamento de um maior valor por parte do Governo para o gerenciamento dos RSU, assim como formas de reduzir tal desembolso.

Além do aspecto técnico da planta não favorecer a viabilização do projeto e os mecanismos encontrados não serem capazes de causar uma diminuição significativa no valor do *Gate Fee*, há também o aspecto financeiro, devido ao elevado valor do subsídio governamental a ser pago. Como visto no capítulo 2, muitos municípios voltaram a dispor os seus resíduos em vazadouros a céu aberto por não conseguirem arcar com os custos de uma disposição ambientalmente correta. E, nesse caso, torna-se difícil imaginar que, com um valor 5 vezes maior, o Estado ainda optaria pagar esse subsídio para gerir seus RSU.

Entretanto, como faz parte dos objetivos estabelecidos pela PMGIRS estimular o incentivo as parcerias do governo com organizações que permitam otimizar a gestão integrada de resíduos sólidos, a instalação dessa planta vem a contribuir com esse aspecto. Além disso, deve-se ressaltar que tal empreendimento ainda gera externalidades positivas ao Governo, que favorecem o desenvolvimento do Estado em diversas áreas (ambiental, social, saúde pública e econômica). O que pode ser visto aqui é o quão esses benefícios estão integrados um ao outro. Por exemplo, o gerenciamento adequado do lixo contribui com uma melhor qualidade de vida, melhorias na saúde pública, redução de custos gastos pelo governo na saúde e mitigação dos danos ambientais.

Embora as externalidades positivas sejam relevantes para o Governo, foram encontradas dificuldades em justificar e/ou reduzir o valor do *Gate Fee*, seja sob o contexto sócio-político no qual a instalação da planta está inserida, ou sob o ponto de vista econômico e tecnológico, por se tratar de uma tecnologia cara e em fase de aprimoramento.

Dessa maneira, como proposta de trabalhos futuros, seria relevante analisar se seria mais vantajoso para o empreendimento investir em um sistema de purificação para passar a comercializar biometano ao invés do biogás, já que aquele possui um maior valor agregado. As demais propostas seriam encontrar outros fins para o biogás produzido na planta e analisar quais delas ofereceriam maior retorno financeiro, dentre elas: cogeração

de energia (térmica e elétrica), distribuição em rede para uso veicular ou injeção na rede de distribuição de gás natural.

Todas essas propostas podem ser favorecidas já que o programa RenovaBio prevê a expansão da produção de biocombustíveis no Brasil. Todas essas medidas fazem com que a indústria desse setor ganhe competitividade frente as outras, além de garantir a segurança energética quanto para mitigação de redução de emissões de gases causadores do efeito estufa.

REFERÊNCIAS

ABRELPE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. 2015. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2015.pdf>> Acesso em 30 de abril de 2017.

ALONSO, S.; 2012. **Emprego informal; Brasil Escola**. Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/geografia/empregos-informais.htm>>. Acesso em 27 de julho de 2017.

AMA - American Marketing Association. **Definition of green marketing, 1995** Disponível em: <<https://www.ama.org/resources/pages/dictionary.aspx?dLetter=G>> Acesso em 10 de outubro de 2017.

AMORDIVINO, S. **Relevância da contabilização dos créditos de carbono: estudo para implantação do projeto de mecanismo de desenvolvimento limpo**. Trabalho de Jornada de Iniciação Científica e de Extensão. 10f. Instituto Federal do Tocantins, 2015.

ATLAS SEIS. **Tratamento do Biogás (Siloxanos)**. 2013. Disponível em: <<http://www.atlasseis.com/produtos-servicos/biogas/108-tratamento-do-biogas.html>> Acesso em 14 de janeiro de 2018.

BETTIM, F. **Marketing Ambiental: Conceitos e aplicação - 2011**. Disponível em: <<http://www.administradores.com.br/producao-academica/marketing-ambiental-conceitos-e-aplicacao/4050/>> Acesso em 10 de outubro de 2017.

BITTENCOURT, R. T. **Estimativa de geração de biogás no aterro sanitário do Cirsures com vistas a geração de crédito de carbono**. 90f. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade do Extremo Sul Catarinense. Criciúma. 2007

CAIXA FEDERAL. **O que é PIS?** 2015. Disponível em: <<http://www.caixa-pis.com/o-que-e-o-pis/>> Acesso em 8 de janeiro de 2018.

CICLUS AMBIENTAL. **Centro de Tratamento de Resíduos (CTR Rio)**. 2011. Disponível em: <http://www.ciclusambiental.com.br/ciclus_ctr.php> Acesso em 6 de abril de 2017.

CIDADE VERDE. **SUS gasta 1,5 bilhão com doenças causadas por lixos.** 2015 Disponível em: <<http://cidadeverde.com/vida/71954/sus-gasta-r-15-bilhao-com-doencas-causadas-por-lixos> - > Acesso em: 16 de junho de 2017.

COELHO, S. T. **A conversão da fonte renovável biogás em energia.** Congresso Brasileiro de Planejamento Energético. Brasília, DF. 2006.

COLTURATO, L. F. **O tratamento da fração orgânica e seu potencial para a valorização integral dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU).** 50f. Seminário Economia Circular e Sustentabilidade na Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos, Rio de Janeiro, 2016.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE MUNICÍPIOS (CNM). **Municípios do Rio de Janeiro acumulam dívidas com aterros sanitários.** 2017 Disponível em: <<http://www.ameriospr.com.br/noticia/municipios-do-rio-de-janeiro-acumulam-dividas-com-aterros-sanitarios>> Acesso em: 30 de março de 2017.

CTR – CICLUS. **Ficha Técnica do CTR-RIO.** 2011 Disponível em: <www.ciclusambiental.com.br/arquivos/Ficha_tecnica_CTR2.pdf> Acesso em 27 de março de 2017

DELFINO, A. P. S. **O aproveitamento energético dos resíduos sólidos urbanos: as causas do subaproveitamento do biogás de aterro sanitário no Brasil.** 91f. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2016.

DRUMOND, A. **Os caminhos a serem percorridos por São Francisco (Califórnia) para o alcance da meta lixo zero em 2020.** 2015. Disponível em:<<https://plataformaituiutabalixozero.wordpress.com/2015/03/02/os-caminhos-a-serem-percorridos-por-sao-francisco-california-para-o-alcance-da-meta-lixo-zero-em-2020/>>

DW. **Principais pontos do acordo de Paris sobre o clima.** 2017. Disponível em: < <http://www.dw.com/pt-br/principais-pontos-do-acordo-de-paris-sobre-o-clima/a-18915243> > Acesso em 18 de janeiro de 2018.

EEA – EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. **Municipal Waste Management in Germany.** 2013. Disponível em: < <https://www.eea.europa.eu/publications/managing-municipal-solid-waste/germany-municipal-waste-management/view> > Acesso em 30 de abril de 2017.

EEA – EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. **Municipal Waste Management in Sweden**. 2013. Disponível em: < <https://www.eea.europa.eu/publications/managing-municipal-solid-waste/sweden-municipal-waste-management/view>> Acesso em 30 de abril de 2017.

EM DISCUSSÃO. Revista do Senado Federal. **Como alguns países tratam seus resíduos**. Ano 5, nº 22, P: 47 a 58. Setembro de 2014. Disponível em: <<http://www12.senado.leg.br/emdiscussao/edicoes/residuos-solidos/mundo-rumo-a-4-bilhoes-de-toneladas-por-ano/como-alguns-paises-tratam-seus-residuos>> Acessado em 24 de março de 2017.

ENSINAS, A. V. **Estudo da geração de biogás no aterro sanitário Delta em Campinas SP**. 143f. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2003.

ENVAC GROUP. **Usando o sistema ENVAC**. 2009. Disponível em <<http://www.envacgroup.com/using-envac>> Acesso em 31 de março de 2017.

ESTADÃO. **O Acordo de Paris e o novo paradigma legal e econômico das mudanças climáticas**. 2016. Disponível em: < <http://politica.estadao.com.br/blogs/fausto-macedo/o-acordo-de-paris-e-o-novo-paradigma-legal-e-economico-das-mudancas-climaticas/> > Acesso em 18 de janeiro de 2018.

FIRJAN 2016. **Incentivar a indústria é incentivar o Rio**. Disponível em: <<http://www.firjan.com.br/firjan/empresas/competitividade-empresarial/temas-em-destaque/incentivos-ao-rio/entenda/>> Acesso em 26 de julho de 2017.

G1 – 2012. **Lixo do Rio em Seropédica divide opiniões**. Disponível em <<http://g1.globo.com/rio-de-janeiro/rio-mais-limpo/noticia/2012/04/lixo-do-rio-em-seropedica-divide-opinioes.html>> Acesso 26 de novembro de 2017.

GARCEZ, C. M. D. **Sistemas Locais de Inovação na Economia do Aprendizado: Uma Abordagem Conceitual**. REVISTA DO BNDES, Rio de Janeiro, V. 7, N. 14, P. 351-366, DEZ. 2000

GOMES, B. S. e CAVALCANTI, L. C. **Análise da viabilidade técnico-econômica da instalação de uma planta de tratamento de resíduo sólido urbano para a produção**

de biogás no estado do Rio de Janeiro. 84f. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2016.

GOMES, J. N. C. **Potencial de produção de energia a partir da biometanização de resíduos orgânicos do Campus Pampulha da UFMG.** 94f. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2014.

INVETE SP – Agência Paulista de Promoção de Investimentos e Competitividade. 2013. Disponível em: < <http://www.investe.sp.gov.br/noticia/gestao-do-lixo-ganha-eficiencia-com-uso-de-tecnologia-e-de-ppps/>> Acesso em 10 de janeiro de 2018.

INVESTING.COM. **Valor do crédito de carbono.** 2017. Disponível em: <<https://br.investing.com/commodities/carbon-emissions>> Acesso em 28 de maio de 2017.

IPCC 2014. **Relatório de Síntese** Disponível em <https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR_AR5_FINAL_full_wcover.pdf> Acesso em 21 de janeiro de 2018.

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Multiplicador Local do Emprego: mesorregiões brasileiras (2000-2010).** 32f. TD 1994. Rio de Janeiro. Agosto, 2014.

KHALID, A. et al. **The anaerobic digestion of solid organic waste.** 2011. Disponível em: <<http://www.icb.osaka-u.ac.jp/AnnuRep/AnnuRep33/381-388.pdf>> Acesso 25 de janeiro de 2018.

LEI N° 7.869. **CSLL.** 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L7689.htm> Acesso em 8 de janeiro de 2018.

LEI N° 9.782. **SNVS.** 1999. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9782.htm> Acesso em 8 de janeiro de 2018.

LC N° 70. **COFINS.** 1991. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LCP/Lcp70.htm> Acesso em 8 de janeiro de 2018.

LC 87. **ICMS.** 1996 Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp87.htm> Acesso em 8 de janeiro de 2018.

LIMA, I. V. – **Utilização do biogás como instrumento de desenvolvimento sustentável: um estudo de caso**. 8f. 3º Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia. Blumenau, 2006.

LINS, C. M. M. et al. **Resíduos Sólidos: projeto, operação e monitoramento de aterros sanitários**. 2008. Guia do profissional em treinamento: nível 2, 113 p. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (org). – Salvador: ReCESA..

MACHADO, M. **Crédito de carbono – mecanismo de desenvolvimento limpo uma alternativa para o meio ambiente**. 192f. Dissertação de Mestrado. Centro Universitário Salesiano de São Paulo, Lorena, 2009.

MACHADO, D. S. **Entendendo o Protocolo de Kyoto e o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo**. 20f. Texto apresentado como exigência parcial para aprovação na disciplina de Economia do Meio Ambiente no 2º semestre de 2006. Universidade Presbiteriana Mackenzie. São Paulo, 2006

MAIA, L. C.; **Emprego indireto - Aspectos trabalhistas relevantes** – 2010. Disponível em: http://www.ambito-juridico.com.br/site/index.php?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=7137> Acesso em 02 de setembro de 2017.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa SDA/MAPA** 2009. Disponível em: <http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=recuperarTextoAtoTematicaPortal&codigoTematica=1229186>> Acesso em 12 de janeiro de 2018.

MATA-ALVAREZ, J. **Biomethanization of the Organic Fraction of Municipal Solid Wastes**: 1ª ed. Londres – Reino Unido: Editora IWA Publishing. 2003

MDA – MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO. **Suasa**. 2014. Disponível em: <http://www.mda.gov.br/sitemda/secretaria/saf-suasa/sobre-o-programa>> Acesso em 9 de janeiro de 2018.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Acordo de Paris**. 2017a. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris>> Acesso em 18 de janeiro de 2018.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Sisnama**. 2017b. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/governanca-ambiental/sistema-nacional-do-meio-ambiente/apresentacao-sisnama>> Acesso em 9 de janeiro de 2018.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Guia para elaboração dos Planos de Gestão de Resíduos Sólidos**. 2011. Disponível em: <http://www.feam.br/images/stories/plano_estadual_residuos_solidos/guia_-_manual1_iet_v2_9nov11.pdf> Acesso 24 de março de 2017.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Compostagem**. 2012a Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/secex_consumo/_arquivos/compostagem.pdf> Acesso em: 1 de maio de 2017.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Coleta Seletiva**. 2012b Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/catadores-de-materiais-reciclavéis/reciclagem-e-reaproveitamento>> Acesso 1 de maio de 2017.

MME – MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **RenovaBio**. 2016. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/web/guest/secretarias/petroleo-gas-natural-e-combustiveis-renovaveis/programas/renovabio/principal>> Acesso 24 de janeiro de 2018.

MORITA, M. SASAKI, K. **Factors influencing the degradation of garbage in methanogenic bioreactors and impacts on biogas formation**. Appl Microbiol Biotechnol (2012) 94:575–582.

O GLOBO. **Municípios acumulam dívidas com aterros sanitários: Número de lixões sobe de 17 para 29**. 2017a. Disponível em: <<http://oglobo.globo.com/rio/municipios-acumulam-dividas-com-aterros-sanitarios-numero-de-lixoes-sobe-de-17-para-29-21116812>> Acesso em: 30 de abril de 2017.

O GLOBO. **Cidades do Rio de Janeiro devem 480 milhões a aterros sanitários**. 2017b. Disponível em: <<http://g1.globo.com/rio-de-janeiro/noticia/cidades-do-rj-devem-r-480->

milhoes-a-aterros-sanitarios-dizem-administradores.ghtml> Acesso em: 30 de abril de 2017.

OC – OBSERVATÓRIO DO CLIMA. **Brasil tenta regular novo mercado de carbono.** 2016. Disponível em: <<http://www.observatoriodoclima.eco.br/brasil-tenta-regular-novo-mercado-de-carbono/>> Acesso em 20 de janeiro de 2018.

PERELLA, M. **Responsabilidade alargada do produtor: a resposta para cortar resíduos no Reino Unido?** 2017 Disponível em: <<https://www.theguardian.com/suez-circular-economy-zone/2017/may/10/extended-producer-responsibility-the-answer-to-cutting-waste-in-the-uk>> Acesso em 23 de novembro de 2017.

PERS - Plano Estadual de Resíduos Sólidos. **Relatório Síntese.** Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: < http://www.rj.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=65e25795-833b-4eef-acb2-9d29da85b1c6&groupId=132946> Acesso em 16 de março de 2017.

POLITIZE. **Comissões Parlamentares.** 2015. Disponível em: < <http://www.politize.com.br/comissoes-parlamentares/>> Acesso em 8 de janeiro de 2018.

PORTAL BRASIL. **Entenda como funciona o mercado de crédito de carbono.** 2012. Disponível em: < <http://www.brasil.gov.br/meio-ambiente/2012/04/entenda-como-funciona-o-mercado-de-credito-de-carbono>> Acesso em 27 de setembro de 2017.

PORTAL GEO RIO. **Santa Cruz.** Disponível em: <http://portalgeo.rio.rj.gov.br/armazenzinho/web/BairrosCariocas/main_Bairro.asp?bairro=SantaCruz&area=149&tipo=click#> Acesso 21 de março de 2017

PORTAL TRIBUTÁRIO. **Imposto de Renda.** 2014. Disponível em < <http://www.portaltributario.com.br/tributos/irpj.html>> Acesso em 8 de janeiro de 2018.

PMGIRS - Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. 2016. Disponível em: < http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/3372233/4177431/D.O._28112016DECRETO42.605_2016PMGIRScompletocomanexos.pdf > Acesso em 21 de março de 2017.

PRS, 2013. Disponível em: <<http://www.portalresiduossolidos.com/aterro-controlado/>> Acessado em 13 de janeiro de 2018.

RIBEIRO, J. W.; ROOKE, J. M. S. **Saneamento básico e sua relação com o meio ambiente e a saúde pública**. 36f. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, 2010.

RSU BRASIL. **Destinação dos Resíduos Sólidos Urbanos no mundo**. 2014. Disponível em: <<http://www.rsubrasil.com.br/noticia1.html>> Acesso em 30 de abril de 2017.

SANTOS, B. **Protocolo de Quioto: preocupação ambiental ou lucro com os créditos de carbono?** In: **Âmbito Jurídico**, Rio Grande, XIV, n. 91, ago 2011. Disponível em: <http://ambitojuridico.com.br/site/?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=10169&revista_caderno=5> Acesso em: 26 de junho de 2017

SANTOS, M. M. O. **Acordo de Paris não dispensa ratificar emenda ao Protocolo de Quioto**. 2016. Disponível em: <<http://www.diretodaciencia.com/2016/09/27/acordo-de-paris-nao-dispensa-ratificar-emenda-ao-protocolo-de-quioto/>> Acesso em 18 de janeiro de 2018.

SCHALCH, V; Leite, W. C. A; JÚNIOR, J. L. F; CASTRO, M. C. A. A - **Gestão e gerenciamento de resíduos sólidos**. Disciplina do curso de Pós-graduação em Hidráulica e Saneamento. Apostila, 91f. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2002.

SEONANE, T. **Coleta de lixo subterrânea e a vácuo**. Disponível em : <<http://infraestruturaurbana.pini.com.br/solucoes-tecnicas/11/coleta-de-lixo-subterrenea-e-a-vacu-conheca-modelo-245157-1.aspx>> Acesso em 24 de março de 2017.

SILVA, F. M. - **Biogás de lixo no aterro sanitário de Gramacho**. 124f. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2015.

SOLID WASTE MANAGEMENT REPORT - **Solid Waste Management Alternatives for The City of New York**. 2005. Disponível em: <<http://mpaenvironment.ei.columbia.edu/files/2014/06/EDC-Submission.pdf>> Acesso em 14 de outubro de 2017.

SOUZA, A. R. P. **A Tributação das Operações com Créditos de Carbono**. Direito do Agronegócio: Mercado, Regulação, Tributação e Meio Ambiente. São Paulo: Quartier Lantin, 2010.

VILELA, F. R. **Biometanização: Estudo da influência do lodo e da serragem no tratamento anaeróbio da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos (FORSU).** 229f. Dissertação de Mestrado. São Carlos, São Paulo, 2015.

VITALI, M.C. - **Estudo de alternativas de processos de coleta e separação de resíduos sólidos domiciliares para o município do rio de janeiro.** 95f. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2014.

VOZERIO. **Cerca de 50 mil litros de chorume vazam de aterro sanitário de Seropédica.** 2016. Disponível em <<http://vozerio.org.br/Cerca-de-50-mil-litros-de-chorume>> Acesso em 28 de dezembro de 2017.

YEBO, L. KHANAL, S. K. **Bioenergy: Principles and Applications:** 1^a ed. Cap.17
Nova Jersey. Editora Wiley Blackwell. 2017

APÊNDICE A

Países do Anexo I do Protocolo de Kyoto

Parte	Compromisso de redução ou limitação quantificada de emissão (porcentagem do ano base)
Alemanha.....	92
Austrália.....	108
Áustria.....	92
Bélgica.....	92
Bulgária*.....	92
Canadá.....	94
Comunidade Européia.....	92
Croácia*.....	95
Dinamarca.....	92
Eslováquia*.....	92
Eslovênia*.....	92
Espanha.....	92
Estados Unidos da América.....	93
Estônia*.....	92
Federação Russa*.....	100
Finlândia.....	92
França.....	92
Grécia.....	92
Hungria*.....	94
Irlanda.....	92

Islândia.....	110
Itália.....	92
Japão.....	94
Letônia*.....	92
Liechtenstein.....	92
Lituânia*.....	92
Luxemburgo.....	92
Mônaco.....	92
Noruega.....	101
Nova Zelândia.....	100
Países Baixos.....	92
Polônia*.....	94
Portugal.....	92
Reino Unido da Grã-Bretanha e Irlanda do Norte.....	92
República Tcheca*.....	92
Romênia*.....	92
Suécia.....	92
Suíça.....	92
Ucrânia*.....	100 *

Países em processo de transição para uma economia de mercado.