



FUNDAÇÃO
GETULIO VARGAS

FGV Management
MBA em ADM. do Setor Elétrico 2015

TRABALHO DE CONCLUSÃO
DE CURSO

GERAÇÃO DE ENERGIA A PARTIR DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO BRASIL É UMA REALIDADE?

Elaborado por:
Marcelo Novak Ribeiro

Trabalho de Conclusão de Curso do

MBA em Administração do Setor Elétrico 1/2015
Prof. Orientador: Fabiano Simões Coelho, PhD.

Curitiba
Abril/2017

MARCELO NOVAK RIBEIRO

GERAÇÃO DE ENERGIA A PARTIR DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO BRASIL É UMA REALIDADE?

Prof. Fabiano Simões Coelho, PhD

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso MBA em Administração do Setor Elétrico de Pós-Graduação *lato sensu*, Nível de Especialização, do Programa FGV Management como pré-requisito para a obtenção do título de Especialista TURMA 1/15.

Curitiba – PR
2017

O Trabalho de Conclusão de Curso

**GERAÇÃO DE ENERGIA A PARTIR DE RESÍDUOS SÓLIDOS
URBANOS NO BRASIL É UMA REALIDADE?**

Elaborado por MARCELO NOVAK RIBEIRO e aprovado pela Coordenação Acadêmica foi aceito como pré requisito para a obtenção do **(Administração do Setor Elétrico)** Curso de Pós-Graduação *lato sensu*, Nível de Especialização, do Programa FGV Management.

Data da aprovação: _____ de _____ de _____

Coordenador Acadêmico
Prof. Fabiano Simões Coelho, PhD

Professor orientador
Prof. Fabiano Simões Coelho, PhD

TERMO DE COMPROMISSO

O aluno MARCELO NOVAK RIBEIRO, abaixo-assinado, do Curso de Administração do Setor Elétrico turma 1/15 do Programa FGV Management, realizado nas dependências da instituição conveniada ISAE CURITIBA, no período de 26 de junho de 2015 a 02 de abril de 2017, declaram que o conteúdo do trabalho de conclusão de curso intitulado: **GERAÇÃO DE ENERGIA A PARTIR DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO BRASIL É UMA REALIDADE?**, é autêntico, original, e de sua autoria exclusiva.

Curitiba, 20 de abril de 2017



MARCELO NOVAK RIBEIRO

Sumário

RESUMO	7
1 INTRODUÇÃO	8
1.1 Justificativa	9
1.2 Objetivos	9
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
2.1 Resíduos Urbanos	10
2.2 Resíduos Sólidos	10
2.2.1 Resíduos Sólidos no Brasil.....	11
2.3 Tipos de tratamento de Resíduos	15
2.3.1 Incineração.....	15
2.3.2 Biodigestor	17
2.3.3 Aterro Sanitário.....	18
2.4 Tipos de Geração a partir de Resíduos Sólidos Urbanos.....	23
2.4.1 Vapor	23
2.4.2 Gás.....	23
2.4.3 Turbina a Vapor.....	24
2.4.4 Grupo Motor Gerador (GMG) a Gás.....	26
2.5 Créditos de Carbono	28
2.6 Políticas referentes à geração e destinação dos resíduos sólidos no Brasil, normas e leis. .	30
2.6.1 Política Nacional de Resíduos Sólidos	30
2.6.2 Política Estadual (PR) de Resíduos Sólidos.....	32
2.6.3 Política Municipal (Curitiba) de Resíduos Sólidos	33
2.6.4 Programa de Incentivo as Fontes Alternativas de Energia Elétrica.....	35
2.6.5 ABNT NBR 10004 – Resíduos Sólidos Classificação	35
3 DESCRIÇÃO, PANORAMA E SIMULAÇÃO DE INVESTIMENTO EM USINA DE RECUPERAÇÃO ENERGÉTICA (URE)	37
3.1 DESCRIÇÃO E PANORAMA.....	37

3.2	INVESTIMENTO EM USINA DE RECUPERAÇÃO ENRGÉTICA (URE)	40
3.2.1	LICENÇA PRÉVIA (LP)	40
3.2.2	LICENÇA DE INSTALAÇÃO (LI)	41
3.2.3	LICENÇA DE OPERAÇÃO (LO).....	41
3.2.4	FLUXO DE CAIXA PARA INVESTIMENTO EM USINA RECUPERAÇÃO ENERGÉTICA (URE) 41	
4	CONCLUSÃO.....	49
5	Bibliografia.....	50

RESUMO

Hoje os processos de geração de energia a partir do tratamento de RSU – Resíduos Sólidos Urbanos, começam a ser difundidos e a lei 12.305, apresentada em 02 de agosto de 2010, referente à Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) é vista como um marco regulatório para o setor de resíduos no Brasil, abrindo uma grande fronteira para o desenvolvimento sustentável no tratamento e geração de insumos a partir destes resíduos. No contexto pode-se demonstrar as formas de geração de energia através da incineração, biodigestão e aterro sanitário, os gases e vapores gerados nestas transformações possibilitam seu uso em turbinas a vapor e em grupos geradores motores, fazendo nossa transformação de trabalho mecânico em elétrico. Esta nova forma de geração de energia é responsável no momento por 0,82% da matriz energética de biomassa brasileira, que equivale a 116.779kW de acordo com BIG – Banco de informações de geração da ANEEL, projetos de P&D estão sendo desenvolvidos juntamente com a ANEEL que previam a instalação de 33,7 MW em usinas de geração a partir do biogás de resíduos e efluentes líquidos.

Essas medidas representam que o Brasil realmente está interessado em inserir esse modelo de geração de energia em sua matriz? Existe uma campanha dos empreendedores no tratamento de resíduos para manter da maneira que está? Somando-se a todas essas probabilidades, existem os custos elevados das usinas que utilizam a incineração como modelo, assim como os custos de opex e a capacidade das mesmas em se pagar somente com a tarifa de energia.

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho de conclusão de curso possibilitará, através da análise de dados, uma visão global sobre o setor de resíduos sólidos urbanos, que mostram como o setor vem se desenvolvendo, no tocante as tecnologias para gerenciamento e reaproveitamento de resíduos, em relação à incineração de resíduos sólidos urbanos, e utilização de gás oriundo de lixões no tópico da geração de energia, além de trazer um panorama geral do setor elétrico referente à geração de energia a partir de Resíduos Sólidos Urbanos.

A análise das informações permitirá verificar que, existe uma enorme quantidade de resíduos sólidos urbanos que precisam ser tratados e destinados adequadamente, contudo é necessário que novas soluções e tecnologias sejam inseridas, a fim de que se tenha o máximo aproveitamento dos resíduos antes de sua disposição final.

Verificando a legislação esta nos mostrará que possuímos leis e resoluções que dão diretrizes e estabelecem padrões para a atividade de reaproveitamento dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU). A legislação atual busca garantir que sejam observadas condições de licenciamento, operação, critérios de funcionamento, bem como limites de emissões atmosféricas o que confere a todo o processo de utilização dos RSU.

Será salientado as formas de geração de energia através de turbinas a vapor oriunda dos gases gerados através da incineração em caldeiras, assim como a geração através de grupos geradores motores utilizando o Biogás, oriundo também dos RSU dos aterros sanitários e/ou lixões.

Ao final, será feita uma demonstração e panorama de como está hoje os processos de geração de energia a partir do tratamento de RSU no Brasil, e uma idéia orientativa de como seria moldado o investimento de uma usina de recuperação energética, desde o processo de liberações até o custo deste investimento, porém os dados serão simulados a partir do valor total global informado pelas empresas nos seus prospectos e dados do mercado.

1.1 Justificativa

A aplicação da lei 12.305, apresentada em 02 de agosto de 2010 e publicada dia 23 de dezembro de 2010, referente à Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) é vista como um marco regulatório para o setor de resíduos no Brasil, abrindo uma grande fronteira para o desenvolvimento sustentável no tratamento e geração de insumos a partir destes resíduos.

Assim, o presente trabalho, além de difundir os conceitos da Política Nacional de Resíduos Sólidos, através de uma visão sucinta sobre o setor, irá mostrar como o setor vem se desenvolvendo nas tecnologias para gerenciamento e reaproveitamento de resíduos, principalmente em relação à incineração de resíduos sólidos urbanos, e utilização de gás oriundo de aterros e lixões no que se refere à geração de energia, além de apresentar um panorama geral do setor elétrico referente à geração de energia a partir de Resíduos Sólidos Urbanos.

1.2 Objetivos

O objetivo deste trabalho é trazer uma visão básica de como estão hoje os processos de geração de energia a partir do tratamento de RSU e sua evolução no Brasil e a inserção na matriz de energia, sabendo que a geração de energia ou qualquer outra forma de recuperação energética e um ganho a mais no processo, pois o fim principal de uma usina de tratamento de resíduos sólidos e tratar estes resíduos, porém com o reaproveitamento do processo pode-se agregar valor ao investimento com a geração de energia, fazendo com que se tenha um acréscimo de rendimentos a todo o empreendimento, embora os investimentos sejam consideráveis, este não se paga sozinho, mas sim com o contexto geral do empreendimento, incineração, geração de energia e troca de papéis de carbono, utilização do gás, entre outros, que serão expostos no decorrer do trabalho.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesse capítulo serão abordadas as denominações de resíduos urbanos e resíduos sólidos, políticas Nacionais, Estaduais e Municipais referentes à legislação vigente ao tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos, assim como a bibliográfica pertinente a geração de energia a partir destes resíduos.

2.1 Resíduos Urbanos

Considera-se como resíduo urbano, de forma geral, todo e qualquer resíduo (lixo) gerado pela população urbana, sendo caracterizado e/ou classificado conforme: Origem, tipo, composição e seu perigo de contaminação.

Estes resíduos conforme suas origens podem ser: hospitalar, domiciliar, comercial, agrícola, industrial, entulho, varrição e mineração;

Quanto ao tipo: resíduos recicláveis e não recicláveis;

Os resíduos urbanos de acordo com a composição química seriam os orgânicos e inorgânicos;

Já os resíduos com relação à periculosidade ficam divididos em perigosos e não perigosos, estes são classificados conforme a ABNT e serão detalhados no tópico 2.6.5 deste trabalho.

2.2 Resíduos Sólidos

Partindo do entendimento do resíduo urbano, pode-se complementar que o resíduo sólido é todo o resíduo particulado dito sólido ou semi-sólido gerado pela população ou por sobras de processos industriais, que nos primórdios eram resíduos que não agregavam valor a nenhum processo e só eram descartados e muitas vezes de forma inadequada. Contudo, nos dias atuais essa visão foi revista e praticamente todos os resíduos sólidos podem gerar valor.

No decorrer deste trabalho serão evidenciados mais detalhadamente os tipos de materiais considerados sólidos de acordo com a ABNT e suas destinações, agregando valor aos processos.

2.2.1 Resíduos Sólidos no Brasil

Os dados a serem apresentados a seguir são conforme o Atlas Brasileiro de Emissões de GEE e Potencial Energético na Destinação de Resíduos Sólidos, estes incluem a geração e o tipo de destinação final de resíduos nas diferentes regiões e estados do Brasil nos anos de 2010 e 2011.

Para o ano de 2011, estimou-se que no Brasil foram geradas aproximadamente 198 mil toneladas por dia de resíduos sólidos urbanos, o que equivale a aproximadamente 62 milhões de toneladas no ano. Do total de resíduos gerados, cerca de 90% são coletados, o que equivale a aproximadamente 180 mil toneladas por dia.

Dos resíduos coletados em 2011, 58% foram destinados a aterros sanitários, 24% em aterros controlados e 17% em lixões. Isto significa que cerca de 75 mil toneladas diárias ainda têm destinação inadequada, sendo enviadas para lixões ou aterros controlados, os quais não possuem uma mescla de sistemas e medidas necessários para proteção do meio ambiente contra danos e degradações. Apesar das exigências legais e do empenho desempenhados, essa destinação irregular de RSU esta presente em todos os estados.

De acordo com os dados disponíveis para 2011, conforme a ABRELPE a região Sudeste concentra cerca de metade dos resíduos gerados no país, ou seja, 97 mil toneladas por dia, o que representa 49% do total de resíduos.

A segunda região em geração de resíduos e a região Nordeste, onde são geradas diariamente em torno de 50 mil toneladas de resíduos, 25% do total. Em seguida, as regiões Sul, Centro-Oeste e Norte geram entre 7 e 10% cada uma.

Nos dados apresentados pela ABRELPE, estes demonstram que as regiões Sudeste e Sul contam com uma porcentagem maior de resíduos depositados em aterros sanitários (respectivamente, 72 e 70%) em comparação com as outras regiões, enquanto a região Norte conta com o maior índice de destinação em lixões (35%). Estes valores de destinação final dos RSU têm impacto direto sobre a geração de biogás.

A seguir, serão apresentados nas figuras 1, 2 e 3 os gráficos que demonstram como está a geração, coleta e destinação de resíduos por região e por estado no Brasil.

A figura 1 demonstra os RSU gerados e coletados em 2011 no Brasil por região.

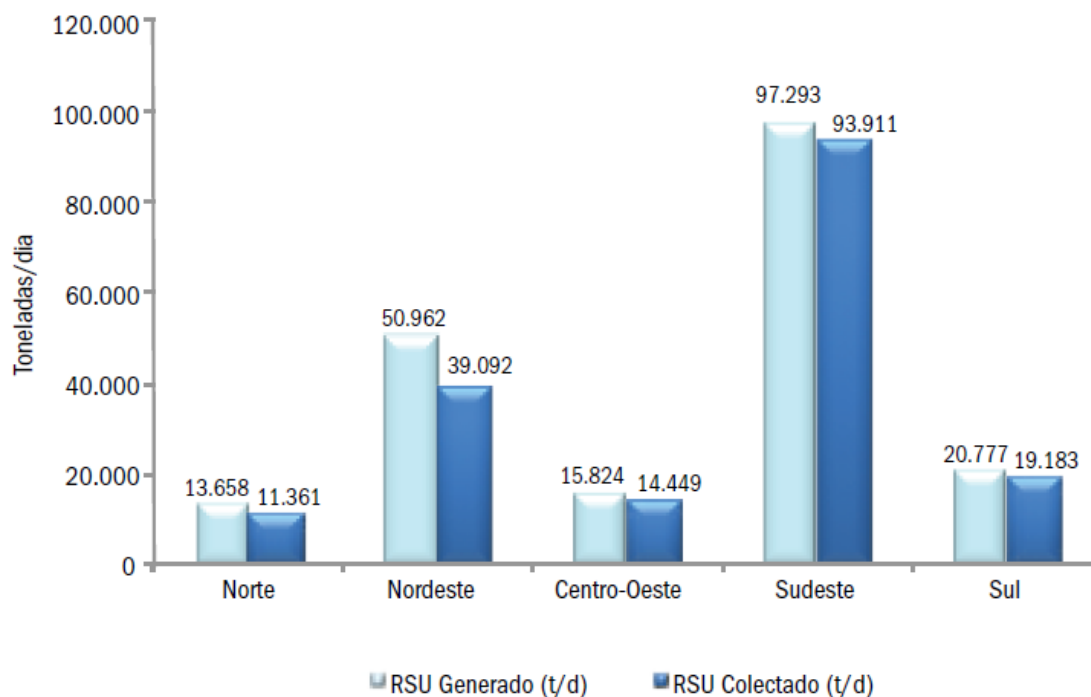


Figura 1 - RSU gerados e coletados
 Fonte: Atlas Brasileiro de Emissões de GEE e Potencial Energético, 2011.

A figura 2 demonstra a distribuição da Quantidade de RSU's gerada e coletada por região – 2011

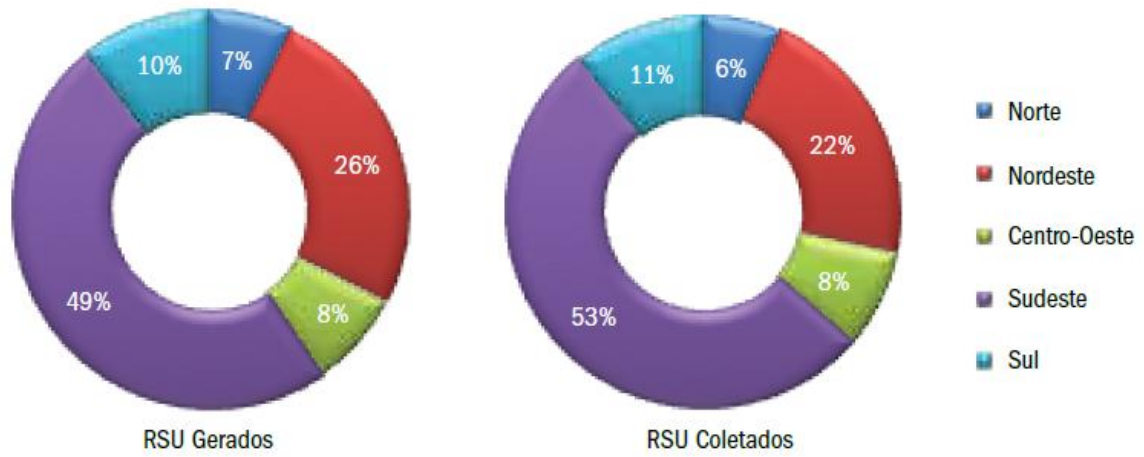


Figura 2 - RSU gerados e coletados por região
 Fonte: Atlas Brasileiro de Emissões de GEE e Potencial Energético, 2011.

A figura 3 demonstra a destinação final de RSU por região – 2011

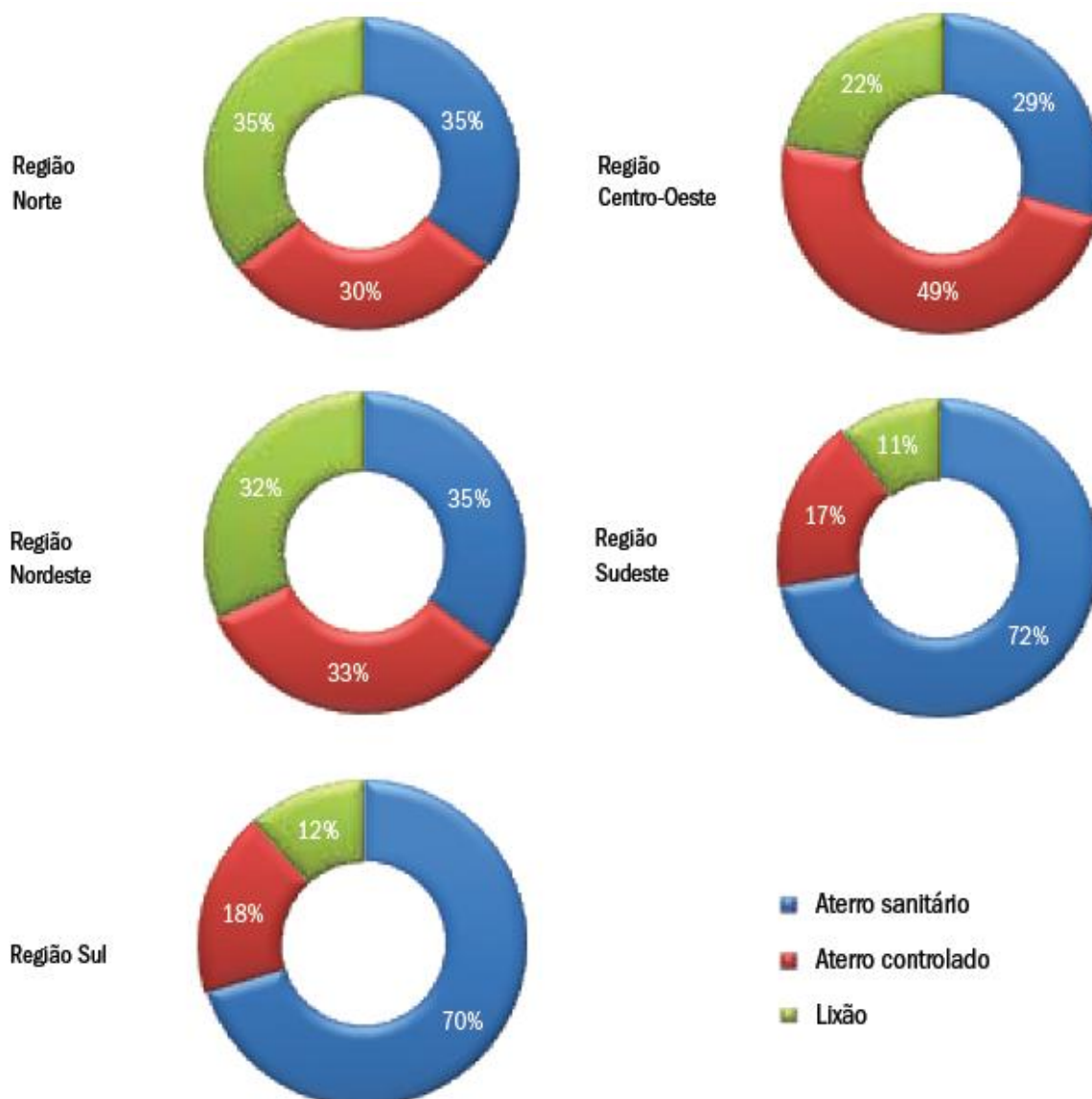


Figura 3 - Destinação final RSU por região
 Fonte: Atlas Brasileiro de Emissões de GEE e Potencial Energético, 2011.

2.3 Tipos de tratamento de Resíduos

Segundo o Plano Nacional de Resíduos Sólidos, em 2008 o Brasil gerou 188.815 toneladas de resíduos sendo que desse montante 94.335,10 são de origem orgânica, correspondendo a 51,2% de todo o resíduo gerado no Brasil naquele ano. A Lei 12.305 de 2010 em seu Art. 9º determina que somente possam ser destinados à disposição final (aos aterros sanitários), os rejeitos, ou seja, somente o resíduo que não podem ter um aproveitamento seja de que forma for. Para o caso dos resíduos orgânicos, existem basicamente três tratamentos possíveis e encontrados mais facilmente, a incineração, biodigestão e aterros. Tecnologias como pirólise e outras mais exóticas não são encontradas facilmente.

De acordo com o site Portal de Resíduos, tem-se no Brasil mais de 50% de resíduos gerados que não podem ser destinados aos aterros sanitários. Então as centrais tecnológicas para o tratamento de resíduos orgânicos precisam ser construídas em todo território brasileiro e a demanda deve movimentar um mercado bilionário nos próximos anos.

De acordo com Reis (2011), projetos associados à utilização de RSU, começam a ser implementados no Brasil, com inserção nos Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL) e atuação no mercado de créditos de carbono. O mesmo também salienta o trabalho "Reciclagem de lixo sólido e conservação de energia" que indicamos neste trabalho, referenciando alguns aspectos importantes, para alcançar os objetivos latentes na geração de energia através de RSU, a incineração de resíduos com recuperação de energia, que seria a geração a partir destes resíduos, assim como a geração de energia pela coleta do gás metano sendo este obtido através da decomposição anaeróbica, em aterros sanitários.

2.3.1 Incineração

A incineração é um processo de decomposição térmica, queima de resíduos, onde há redução de peso, do volume e das características de periculosidade dos resíduos, através da combustão controlada. A redução de volume é geralmente maior que 90% e em peso, maior a 75%, nesta queima ou combustão é possível fazer o aproveitamento energético do processo. Para que seja economicamente viável, é fundamental ter um volume mínimo de resíduos a serem incinerados. O calor gerado na queima vem de uma reação química entre o oxigênio e a

parte orgânica dos resíduos, para que a reação ocorra precisamos de água nos resíduos. Por isso que nas usinas de reaproveitamento energético, existe uma chama alimentada por gás natural ou outro combustível para o início do processo e algumas vezes dependendo dos materiais para o processo de queima dos resíduos. Essa chama vaporiza a primeira quantidade de umidade (água) dos resíduos e a queima da matéria orgânica libera mais calor para evaporar o restante da água. Depois que toda a água foi evaporada, o calor excedente é direcionado a caldeira onde é gerado o vapor que vai alimentar a turbina e por consequência um gerador elétrico. Os resíduos mais indicados para esse processo são os orgânicos não úmidos (secos), como os derivados de papelão e madeira e plásticos.

Conforme a ordem de prioridade no gerenciamento de resíduos definida pela Lei 12.305/2010, o que puder ser reciclado, não deverá sofrer tratamento, desta forma, restam para os incineradores os demais materiais orgânicos com maior umidade e também os recicláveis contaminados, isto é, com uma quantidade de materiais agregados (sujeiras) que não podem ser tratados e transformados novamente em matéria prima para algum processo.

No aspecto social, os incineradores não precisariam do trabalho dos catadores, mas com um trabalho de pré-reciclagem os mesmos poderiam ser aproveitados. A implementação de incineradores como solução principal de tratamento de resíduos sem uma política de reciclagem que aproveite o trabalho dos catadores nos municípios brasileiros certamente significará o desemprego para catadores do município em questão.

Na figura 4 é apresentada uma montagem de imagens de visita técnica a uma usina de incineração situada na cidade do Rio de Janeiro, a visão deve ser considerada da esquerda para a direita com o alimentador do incinerador assim como o tubo de alimentação do forno e a queima dentro do forno, fechando o ciclo de queima do incinerador.



Figura 4 – Imagens do ciclo de incineração.
 Fonte: Material de visita à usina no RJ, 2014.

2.3.2 Biodigestor

Biodigestores são centrais tecnológicas que aceleram o processo de decomposição da matéria orgânica e aperfeiçoam os produtos resultantes desse processo e é uma das soluções para o tratamento de resíduos sólidos orgânicos.

A decomposição da matéria orgânica é um processo bioquímico executado por milhões de bactérias que transformam a matéria orgânica em gases e biofertilizantes. Sendo as bactérias seres vivos, estas necessitam de condições ideais de acidez, temperatura e homogeneidade, para produzir melhor. Na presença de oxigênio dá-se a decomposição aeróbia e na ausência à anaeróbia.

Em biodigestores, a decomposição acontece sem oxigênio, sendo, portanto uma decomposição anaeróbia. O resultado dessa decomposição é o biogás, uma mistura de gás carbônico e metano, e biofertilizantes.

Quando se fala em decomposição anaeróbia, deve-se considerar os diferentes tipos de matéria orgânica e estas produzem diferentes quantidades de biogás e com diferentes concentrações de metano e gás carbônico, para se calcular o potencial máximo de geração de biogás de uma mistura, deve-se fazer a análise química da matéria orgânica usada, porém a quantidade que será gerada no processo depende do tipo de tecnologia usada que será

salientada no decorrer deste trabalho, a figura 5 apresenta o esquemático básico de um biodigestor com dois fermentadores para geração de biogás para uso direto na geração de energia elétrica, energia térmica, combustível e seu rejeito como adubo.

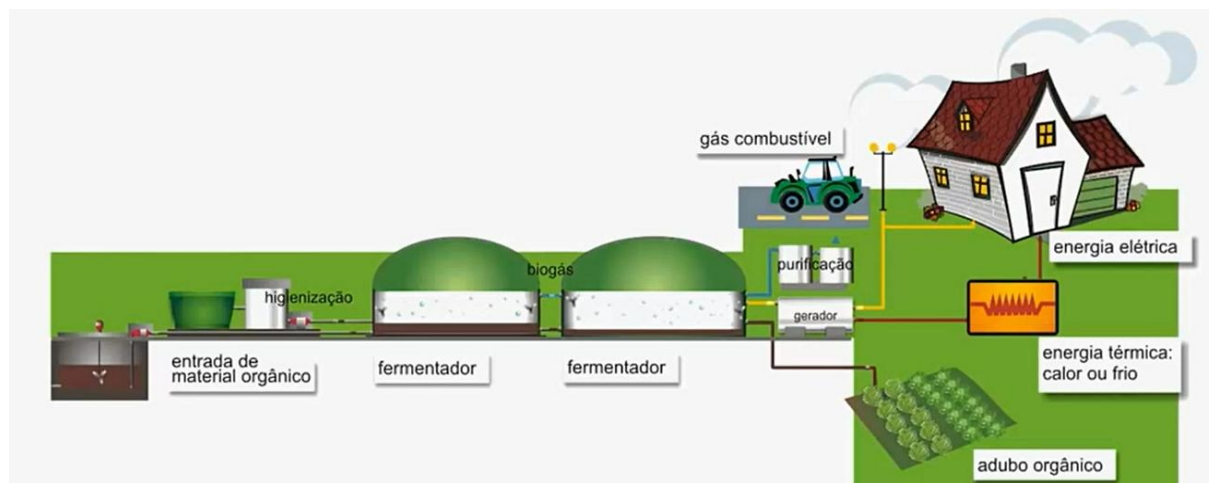


Figura 5 – Esquemático de um biodigestor e utilização
 Fonte: Portal de resíduos, 2017.

2.3.3 Aterro Sanitário

É uma técnica de disposição de resíduos sólidos no solo, sem causar danos ou riscos à saúde pública e à segurança, minimizando os impactos ambientais. Este método que utiliza princípios de engenharia para confinar resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume possível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão da jornada de trabalho ou a intervalos menores, se necessário. (CEMPRE-IPT, 2000).

Os aterros sanitários apresentam em geral a seguinte configuração: setor de preparação, setor de execução e setor concluído.

Na preparação da área são realizados, basicamente, a impermeabilização e o nivelamento do terreno, as obras de drenagem para captação do chorume (ou percolato) para conduzi-lo ao tratamento, além das vias de circulação. As áreas limítrofes do aterro devem apresentar uma cerca viva para evitar ou diminuir a proliferação de odores e a poluição visual.

Na execução os resíduos são separados de acordo com suas características e depositados separadamente. Antes de ser depositado todo o resíduo é pesado, com a finalidade

de acompanhamento da quantidade de suporte do aterro. Os resíduos que produzem material percolado são geralmente revestidos por uma camada selante.

Atingida a capacidade de disposição de resíduos em um setor do aterro, esse é revegetado, com os resíduos sendo então depositados em outro setor. Ao longo dos trabalhos de disposição e mesmo após a conclusão de um setor do aterro, os gases produzidos pela decomposição do lixo devem ser queimados e os percolados devem ser captados. Em complemento, também devem ser realizadas obras de drenagem das águas pluviais.

Os setores concluídos devem ser objeto de contínuo e permanente monitoramento para avaliar as obras de captação dos percolados e as obras de drenagem das águas superficiais, avaliar o sistema de queima dos gases e a eficiência dos trabalhos de revegetação, conforme CEMPRE-IPT (2000).

Na sequência a figura 6 apresenta o esquemático de um aterro sanitário.

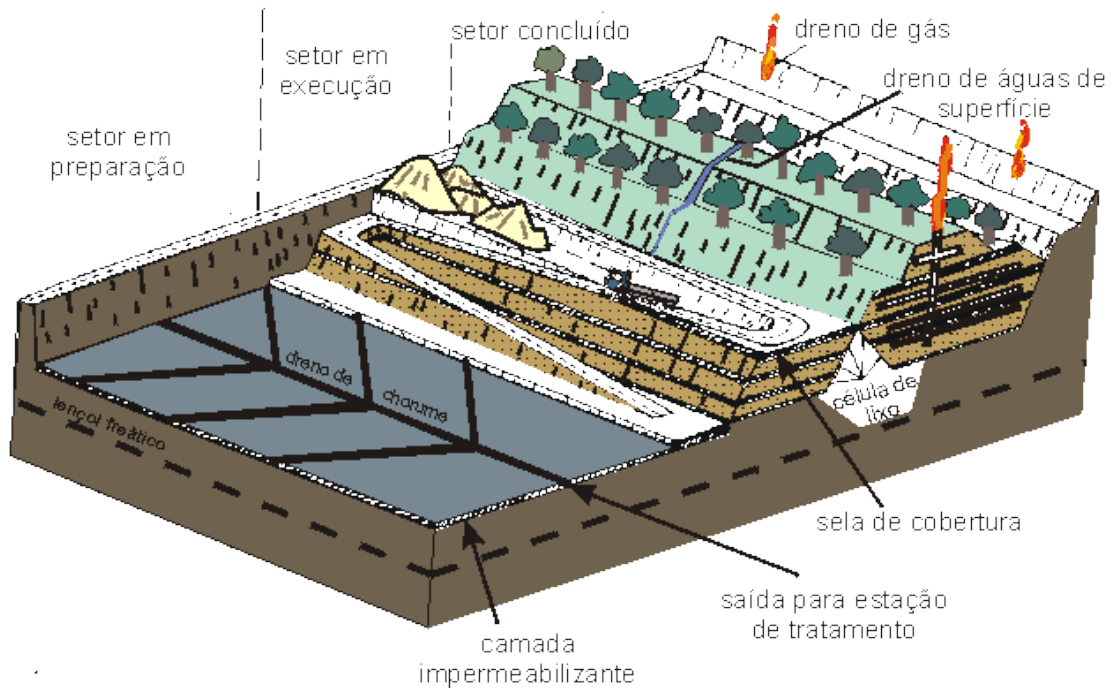


Figura 6 – Esquemático de aterro sanitário.
 Fonte: Unesp/IGGE, 1999.

Um sistema padrão ou básico de coleta de Biogás tem quatro componentes, poços de coleta, tubos condutores, um sistema de tratamento e um compressor. O biogás excedente é queimado em flares de forma controlada, evitando a emissão de gases de efeito estufa para a atmosfera. No desenvolver deste capítulo as figuras 7, 8, 9 e 10 nos mostram um aterro sanitário em formação e na sequência um poço drenante de um aterro já terminado com suas saídas de tubulações para captação do biogás e os compressores.



Figura 7 – Aterro sanitário em formação
Fonte: Globo News, 2013

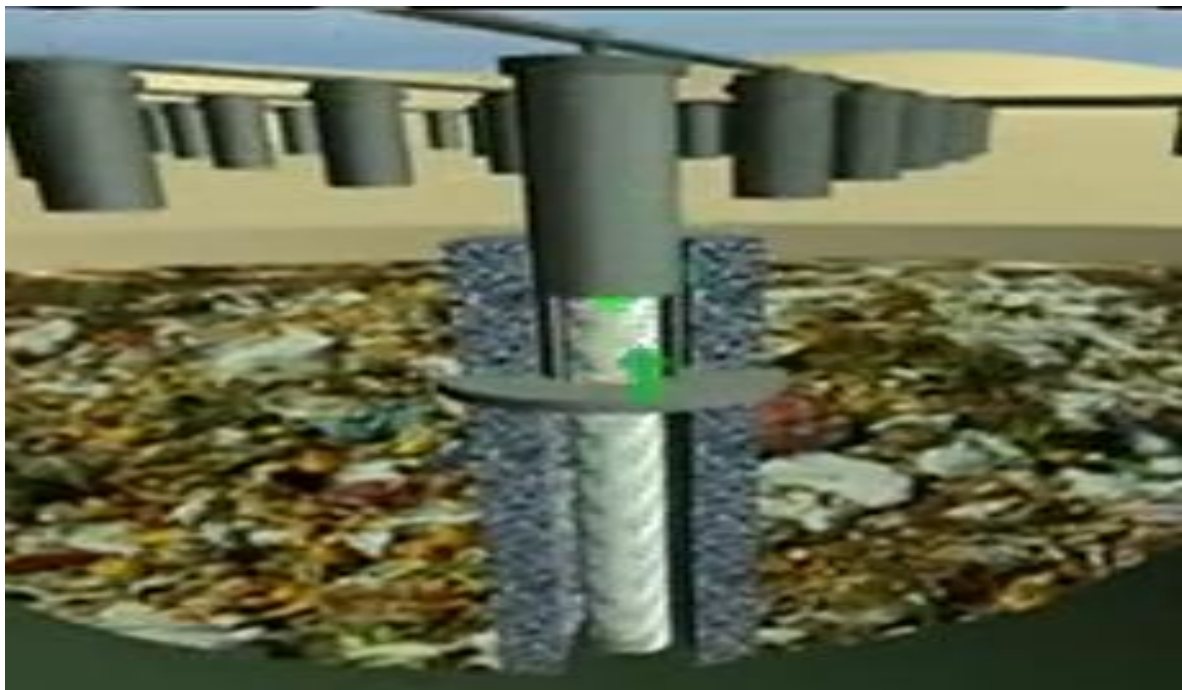


Figura 8 – Poço drenante de Biogás
Fonte: Globo News, 2013



Figura 9 – Saída das tubulações para captação do Biogás
Fonte: Globo News, 2013.



Figura 10 – Compressores para captação do Biogás
Fonte: Globo News, 2013.

O primeiro projeto a utilizar o gás de aterro no Brasil foi o do aterro do Caju no Rio de Janeiro, porém este projeto não foi para geração de energia e sim para agregar gás na rede de distribuição de gás residencial, este projeto foi implementado em meados de 1977, pela Companhia Estadual de gás e da Empresa Municipal de Limpeza Urbana do Rio de Janeiro.

2.4 Tipos de Geração a partir de Resíduos Sólidos Urbanos.

A cada dia a tecnologia geração de energia a partir de RSU vem sendo difundida, este capítulo mostrará um demonstrativo das energias ou combustíveis que normalmente, são utilizados para alimentar os equipamentos que farão nossa transformação de energia mecânica em elétrica, assim como, uma explanação dos equipamentos que estão relacionados a cada uma destas energias.

2.4.1 Vapor

Vapor de água é usado como meio de geração, transporte e utilização de energia desde os primórdios do desenvolvimento industrial. Incontáveis motivos colaboraram para a geração de energia a partir do vapor. A água é o composto mais abundante da Terra e normalmente é de fácil obtenção e baixo valor agregado. Na forma de vapor o mesmo tem alta capacidade de energia por unidade de massa e volume. As relações temperatura e pressão de saturação permitem utilização como fonte de calor a temperaturas médias e de larga utilização industrial com pressões de trabalho perfeitamente toleráveis pela tecnologia disponível.

2.4.2 Gás

- Gás Natural

De modo similar aos demais combustíveis fósseis, o gás natural é uma mistura de hidrocarbonetos gasosos, originados da decomposição de matéria orgânica fossilizada ao longo de milhões de anos. Em seu estado bruto, o gás natural é composto

principalmente por metano, com inúmeras medidas de etano, propano, butano, hidrocarbonetos mais pesados e água, CO₂, H₂S, N₂, metanol, ácido clorídrico e outras impurezas. Outras características intrínsecas importantes são os baixos índices de emissão de poluentes, em comparação a outros combustíveis fósseis, rápida dispersão em caso de vazamentos, os baixos índices de odor e de contaminantes. Ainda, em relação a outros combustíveis fósseis, o gás natural apresenta maior flexibilidade, tanto em termos de transporte como de aproveitamento (ANEEL, 2016). Além de insumo básico da indústria gasoquímica, o gás natural tem-se mostrado cada vez mais competitivo em relação a outros combustíveis, tanto no setor industrial como no de transporte e na geração de energia elétrica. Nesse último caso, a inclusão do gás natural na matriz energética nacional, conjugada com a necessidade de expansão do parque gerador de energia elétrica e com o esgotamento dos melhores potenciais hidráulicos do país, tem despertado o interesse de analistas e empreendedores em ampliar o seu uso na geração termelétrica.

- **Biogás**

É uma mistura gasosa resultante da degradação anaeróbica da matéria orgânica dos resíduos sólidos depositados em aterros sanitários e dos efluentes industriais e esgotos domésticos tratados pelo processo anaeróbico. Essa mistura gasosa é formada principalmente por metano e dióxido de carbono, em média, em partes iguais. Quanto maior a fração de metano, mais energia por unidade de massa o biogás contém. Neste gás há dezenas de substâncias, como gás sulfídrico, causador de mau cheiro, traços de siloxinas, que reduzem a vida útil dos equipamentos de uso energético. (CETESB, 2014)

2.4.3 **Turbina a Vapor**

As turbinas a vapor são equipamentos que aproveitam a energia calorífica do vapor e a transforma em energia mecânica, esta energia mecânica pode ser utilizada para mover equipamentos e se acoplarmos a um gerador terá a transformação da energia mecânica em energia elétrica.

O elemento básico da turbina a vapor é o rotor que é composto por palhetas ao redor de sua circunferência, de forma que o fluido de vapor em movimento produza uma força tangencial que impulsiona o mesmo, conseqüentemente fazendo com que ele gire, esta energia mecânica é transferida através de um eixo e movimentando o gerador.

Dentre os tipos de turbinas a vapor, as turbinas em geral se classificam como hidráulicas, a vapor ou de combustão. Hoje, grande parte da energia elétrica no mundo é produzida com o uso de geradores movidos por turbinas.

Serão apresentados a seguir três tipos de formas construtivas sendo estas: turbinas de ação, reação e ação/reação.

- Nas turbinas de ação o vapor se expande unicamente no sistema diretor da máquina e não nos canais móveis do rotor, de modo que a pressão sobre as faces das palhetas não varia sensivelmente.
- Nas turbinas de reação é quando o vapor se expande nos canais móveis do rotor, de modo que a pressão de entrada do mesmo é maior que na saída.
- As turbinas de ação e reação, na realidade é uma turbina de reação com vários estágios e possuem um estágio de ação, no qual acontece uma queda elevada de pressão, fazendo com que tenhamos uma turbina menor e de custo mais acessível.

Quanto à classificação das turbinas a vapor podem ser divididas em duas, por estágios e descarga.

Por estágio:

- Mono estágio é as que apresentam um único rotor que normalmente é construída conforme o modelo de ação.
 - Vários estágios são montadas em um mesmo eixo podem apresentar estágios de ação ou de reação. Os vários estágios móveis são intercalados por pás fixas, dispostas formando um ângulo igual àquele de entrada das pás móveis que as seguem a fim de evitar que a entrada de vapor se processe com choque.
-

Por descarga:

- De escape livre, são aquelas que o vapor sai diretamente para atmosfera.
- De condensação, são aquelas que o vapor é conduzido a um condensador.
- De contrapressão, são aquelas que o vapor de descarga é conduzido a um processo. Neste caso a pressão de vapor de descarga é ligeiramente superior à atmosférica.
- Combinadas, são aquelas que uma parte do vapor é retirado em estágios intermediários da turbina e conduzido a outros equipamentos e o vapor restante continua a sua expansão pelos estágios de menor pressão da turbina.

Ainda dentro do tema turbina as microturbinas se referem em geral a um sistema de dimensões relativamente reduzidas composto por compressor, câmara de combustão, turbina e gerador elétrico, com uma potência total disponível não superior a 1.000kW.

Normalmente as microturbinas são de construção simples, pois possuem somente uma parte móvel, além de não utilizar líquidos para refrigeração e lubrificação.

O rendimento de uma microturbina normalmente está entre 27 a 30%, podendo ser otimizado entre 80 e 90% desde que seja utilizada com processos de cogeração. Estas ao invés de funcionar com o vapor têm como combustível o Biogás, Biometano, Gás Natural, GLP/Propano, Diesel, Biodiesel e Querosene.

2.4.4 Grupo Motor Gerador (GMG) a Gás

De acordo com Chagas (2014), o conceito de grupo motor gerador é um conjunto formado por um motor a combustão e acoplado a um gerador de corrente alternada, normalmente estes grupos são alimentados por combustíveis fósseis dieseis ou gasolinas, mas também por combustíveis alternativos como o gás e o biodiesel.

Na construção física de um GMG a diesel e a gás não existe uma variação mecânica abrupta, porém sistemas de injeção, filtragem de combustível e de ar assim como controle são mais apuradas, conforme Fernando Marcante consultor técnico de uma das grandes empresas fornecedoras de grupos motores geradores.

Segundo o mesmo, a não adaptação da máquina ao combustível gera um extenso histórico de motores que não operam satisfatoriamente e especialmente ao uso do gás de

aterro, além disso, pode ocorrer combustão incompleta falha de alimentação e perda de potência assim como a corrosão precoce provocada pela presença de substâncias nestes gases, como o dióxido de carbono (CO_2) que prejudicam o processo de queima tornando-o menos eficiente, como já se tem um poder calorífico menor neste gás e adicionando estas impurezas este poder calorífico tende a ficar menor ainda, com isso é justificado as alterações salientadas acima.

O estudo proposto visa à utilização de equipamentos que trabalhem com gases de baixo poder calorífico este combustível alternativo além de vir de aterros sanitários vem de biodigestores ou mesmo de plantas de tratamento de esgoto ou agrícolas.

Na continuação a figura 11 apresenta o layout básico de um GMG a gás natural ou biogás de 120kVA.



Figura 11 – Grupo motor gerador a gás
 Fonte: Catálogo Stemac, 2012

2.5 Créditos de Carbono

Neste item será exemplificado de como o crédito de carbono se apresenta comercialmente, pode-se dizer que:

O princípio básico é a geração do gás metano CH_4 , que surge da decomposição da matéria orgânica nos aterros e biodigestores como visto em capítulos anteriores, porém este é poluente ao extremo, mas pode ser transformado em gás Carbônico CO_2 . Cada tonelada de CH_4 (metano) que deixe de ir para a atmosfera corresponde a um crédito de carbono.

Estes papéis de crédito de carbono são vendidos para empresas poluidoras de países “Ricos” que tem metas para reduzir a emissão de gases que causam o efeito estufa, dessa maneira são fontes importantes de recursos a países emergentes para se desenvolverem ao mesmo tempo em que preservam o meio ambiente.

Para ter uma visão geral do mercado de carbono segue a figura 12, a partir da Investing.com, que é uma fonte de ferramentas e informações relacionadas aos mercados financeiros.



Fechamento Anterior	4,7	Mês	Dez 17	Tick Size	0,01
Abertura	4,75	Contrato	1.000 toneladas	Tick Value	10
Var. Diária	4,62 - 5,12	Tipo de Liquidação	Física	Símbolo Base	C
52 semanas	3,87 - 7,07	Data da liquidação	26/12/2016	Valor de Ponto Base	1 = €1000
Retorno 1 ano	- 30,47%	Último dia de rollover	18/12/2016	Meses	HMUZ

Figura 12 – Visão geral do mercado carbono
 Fonte: Investing.com, 2017.

Dentro do subitem, o aterro Novagerar no RJ, foi o primeiro no mundo a obter créditos de carbono, sendo que seu principal cliente é a Holanda e parte dos lucros destes créditos de carbono conforme matéria da TV Câmara é repassado para a prefeitura de Nova Iguaçu onde o aterro fica instalado.

2.6 Políticas referentes à geração e destinação dos resíduos sólidos no Brasil, normas e leis.

Neste tópico serão evidenciadas as políticas que servem como referência para nortear as tomadas de decisão de implementar ou não um empreendimento de geração de energia em determinada região.

2.6.1 Política Nacional de Resíduos Sólidos

Apresentada em 02 de agosto de 2010 e publicada dia 23 de dezembro de 2010, sob a lei 12.305 a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) é vista como um marco regulatório para o setor de resíduos no Brasil já que a mesma colabora para a solução das questões ambientais, sociais e econômicas. A PNRS traz diretrizes e metas a serem cumpridas pelos diversos setores que participam do ciclo de vida do produto.

Com referência a PNRS, destacam-se os seguintes argumentos:

- Encerramento dos lixões e destinação final ambientalmente adequada dos rejeitos até 2014, hoje em 2017 o mesmo não ocorreu ainda devido às prefeituras solicitarem mais tempo para suas adequações;
- Elaboração dos planos municipais de resíduos sólidos com o objetivo de orientar municípios e cidadãos quanto ao manejo adequado dos resíduos;
- Elaboração de acordos setoriais envolvendo toda a cadeia de geração e consumo, visando à efetivação do compromisso compartilhado do ciclo de vida do produto.

Ao buscar uma melhor qualidade no tratamento dos resíduos, estimular a separação e a correta destinação, priorizar a reciclagem de embalagens e gerar condições favoráveis para a criação de consórcios intermunicipais, a PNRS apresenta soluções sustentáveis ao processo de resíduos e influencia diretamente o desenvolvimento de novas oportunidades para a implantação de projetos de captura de biogás em aterros, assim como incineração dos resíduos com a consequente geração de energia e redução de emissões de GEE (Gases de Efeito Estufa).

Os prognósticos e oportunidades gerados pela PNRS se mostram bastante promissores, mesmo ao se considerar que o caminho ainda é longo e desafiador. Uma das principais barreiras deste processo já foi cumprida, a própria aprovação da PNRS após anos de estudo e tramitação. Resta agora que a sociedade se mobilize para que de fato a PNRS vire um instrumento efetivo de sustentabilidade para o Brasil.

A seguir está o recorte dos artigos da lei com os dispositivos gerais do objeto e do campo de aplicação.

Art. 1º Esta Lei institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, 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.

§ 1º Estão sujeitas à observância desta Lei as pessoas físicas ou jurídicas, de direito público ou privado, responsáveis, direta ou indiretamente, pela geração de resíduos sólidos e as que desenvolvam ações relacionadas à gestão integrada ou ao gerenciamento de resíduos sólidos.

§ 2º Esta Lei não se aplica aos rejeitos radioativos, que são regulados por legislação específica.

Art. 2º Aplicam-se aos resíduos sólidos, além do disposto nesta Lei, nas Leis nºs 11.445, de 5 de janeiro de 2007, 9.974, de 6 de junho de 2000, e 9.966, de 28 de abril de 2000, as normas estabelecidas pelos órgãos do Sistema Nacional do Meio Ambiente (Sisnama), do Sistema Nacional de Vigilância Sanitária (SNVS), do Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária (Suasa) e do Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Sinmetro).

Dentro do âmbito federal em entrevista a TV Senado, o deputado Lelo Coimbra do PMDB-ES, lançou o projeto do Programa Nacional de Geração de Energia Elétrica o PROGEL, que a geração de energia a partir dos RSU seja reconhecida e estimulada pelos governos Federais, Estaduais e Municipais ao mesmo tempo ela possa ser recebida pelo sistema de energia elétrica como uma energia nova e que seu valor no sistema esteja na faixa de acesso dos consumidores, tudo isso reconhecido e encampado pela Eletrobrás, fazendo com que a mesma garanta a compra da energia gerada pelos aterros e ou usinas de recuperação energética.

2.6.2 Política Estadual (PR) de Resíduos Sólidos

Apresentada no Palácio do Governo do Paraná dia 22 de janeiro de 1999 e publicada no Diário Oficial nº. 5430 de 5 de Fevereiro de 1999, sob a lei 12.493 a Política Estadual de Resíduos Sólidos (PERS), estabelece princípios, procedimentos, normas e critérios referentes à geração, condicionamento, armazenamento, coleta, transporte, tratamento e destinação final dos resíduos sólidos no Estado do Paraná, visando controle da poluição, contaminação e minimizar seus impactos ambientais e adotar outras providências. A seguir está o recorte dos artigos da lei com os dispositivos gerais do objeto e do campo de aplicação.

Assembléia Legislativa do Estado do Paraná decretou e eu sanciono a seguinte lei:

Art. 1º. Ficam estabelecidos, na forma desta lei, princípios, procedimentos, normas e critérios referentes à geração, acondicionamento, armazenamento, coleta, transporte, tratamento e destinação final dos resíduos sólidos no Estado do Paraná, visando controle da poluição, da contaminação e a minimização de seus impactos ambientais.

Art. 2º. Para os fins desta lei, entende-se por resíduos sólidos qualquer forma de matéria ou substância, nos estados sólido e semi-sólido, que resulte de atividade industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços, de varrição e de outras atividades da comunidade, capazes de causar poluição ou contaminação ambiental.

Parágrafo único. Ficam incluídos entre os resíduos sólidos definidos no caput deste artigo, os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água e os gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como os líquidos cujas características tornem inviável o seu lançamento em rede pública de esgotos ou corpos d' água ou exijam, para tal fim, solução técnica e economicamente inviável, em face da melhor tecnologia disponível, de acordo com as especificações do Instituto Ambiental do Paraná - IAP.

2.6.2.1 Resolução nº 048/08 SEMA

Esta resolução é da Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Paraná, refere-se a queima de resíduos, onde vale salientar o artigo três que se refere a quais resíduos são proibidos a queima em caldeiras para geração de calor e/ou vapor, a seguir segue o recorte deste artigo.

Art. 3º. Fica proibida a queima em caldeiras dos seguintes resíduos:

I. Lodos de estações de tratamento físico-químico de efluentes;

II. Lodos de fossas sépticas;

III. Resíduos que contenham Poluentes Orgânicos Persistentes (POP);

IV. Drogas ou entorpecentes, com exceção de *Cannabis sativa* (maconha) e cigarros;

V. Resíduos de Saúde Grupos A, B, C, D e E;

VI. Resíduos sólidos urbanos ou domiciliares;

VII. Resíduos de agrotóxicos e domissanitários, seus componentes e afins, incluindo embalagens, solos, areias e outros materiais resultantes da recuperação de áreas ou de acidentes ambientais contaminados pelos mesmos;

VIII. Resíduos radioativos;

IX. Resíduos que contenham Co, Ni, Se, Te, Pb, As, Cd, Hg ou Tl acima das seguintes concentrações (em mg/kg de resíduo):

As 1,0 – Cd 0,5 – Co 1,0 – Hg 0,5 – Ni 0,5 – Pb 1,0 – Se 1,0 – Te 1,0 e Tl 0,5

2.6.3 Política Municipal (Curitiba) de Resíduos Sólidos

Diferente das esferas Federais e Estaduais, no município de Curitiba o item tratamento de resíduos sólidos está inserido dentro da Política Municipal do Meio Ambiente, a qual foi apresentada na Câmara Municipal de Curitiba no dia 19 de dezembro de 1991, sob a lei 7.883 em seus princípios fundamentais salientar-se os artigos a seguir.

Art. 1º - A Política do Meio Ambiente do Município de Curitiba tem como objetivo, respeitadas as competências da União e do Estado, manter ecologicamente equilibrado o meio ambiente, considerado bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, razão pela qual impõe-se ao poder público o dever de defendê-lo, preservá-lo e recuperá-lo.

Art. 20 - Para o estabelecimento da política do meio ambiente serão observados os seguintes princípios fundamentais:

- I - multi disciplinariedade no trato das questões ambientais;
- II - participação comunitária na defesa do meio ambiente;
- III - integração com a política do meio ambiente nacional, estadual, setoriais e demais ações do governo;
- IV - manutenção do equilíbrio ecológico;
- V - racionalização do uso do solo, água e do ar;
- VI - planejamento e fiscalização do uso dos recursos naturais;
- VII - controle e zoneamento das atividades potencial ou efetivamente poluidoras;
- VIII - proteção dos ecossistemas, com a preservação e manutenção de áreas representativas;
- IX - Educação Ambiental a todos os níveis de ensino, incluindo a educação da comunidade;
- X - incentivo ao estudo científico e tecnológico, direcionados para o uso e a proteção dos recursos ambientais;
- XI - prevalência do interesse público;
- XII - reparação do dano ambiental.

Art. 21 - A coleta, transporte, tratamento e disposição final do lixo urbano de qualquer espécie ou natureza, processar-se-á em condições que não tragam malefícios ou inconvenientes à saúde, ao bem-estar público ou ao meio ambiente.

§ 1º - Fica expressamente proibido:

- I - A deposição indiscriminada de lixo em locais inapropriados, em áreas urbanas ou agrícolas.
- II - A incineração e a disposição final de lixo a céu aberto.
- III - A utilização de lixo "in natura" para alimentação de animais e adubação orgânica.
- IV - O lançamento de lixo em água de superfície, sistemas de drenagem de águas pluviais, poços, cacimba e áreas erodidas.
- V - O assoreamento de fundo de vale através da colocação de lixo, entulhos e outros materiais.

§ 2º - É obrigatória a adequada coleta, transporte e destinação final do lixo hospitalar, sempre obedecidas as normas técnicas pertinentes.

§ 3º - A Secretaria Municipal do Meio Ambiente poderá estabelecer zonas urbanas, onde a seleção do lixo deverá ser efetuada em nível domiciliar, para posterior coleta seletiva.

2.6.4 **Programa de Incentivo as Fontes Alternativas de Energia Elétrica**

O PROINFA, Programa de Incentivo as Fontes Alternativas de Energia Elétrica, serve como apoio financeiro a investimentos nestas fontes, o mesmo foi publicado em 26 de abril de 2002, sob a lei 10.438 e revisado em 11 de novembro de 2003, vigorando até o momento sob a lei 10.762, O programa tem por objetivo diversificar a matriz energética brasileira buscando soluções regionalizadas de fontes renováveis de energia, utilizando o aproveitamento econômico dos insumos disponíveis e das tecnologias aplicáveis a cada fonte a ser explorada e/ou viabilizada economicamente.

2.6.5 **ABNT NBR 10004 – Resíduos Sólidos Classificação**

A ABNT NBR 10004 foi elaborada pela Comissão de Estudo Especial Temporária de Resíduos Sólidos (ABNT/CEET-00:001.34). O Projeto circulou em Consulta Pública conforme Edital nº 08 de 30.08.2002, com o número Projeto NBR 10004, a mesma foi publicada em 31 de maio de 2004 e teve sua validade a partir de 30 de novembro de 2004 sendo que a mesma está em vigor.

Esta norma classifica os resíduos sólidos quanto aos seus potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, para que os mesmos possam ser gerenciados adequadamente.

Para a NBR 10004 os resíduos sólidos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição, ficam incluídos nesta assim como os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água e aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos.

De acordo com a norma os resíduos são classificados em:

- Resíduos classe I – Perigosos;
 - Resíduos classe II – Não inertes;
 - Resíduos classe III – Inertes;
-

A figura 13 demonstra os tipos e classes de acordo com a NBR 10004, porém salienta-se que além das políticas públicas existem normas já publicadas e que regem as classes de resíduos sendo assim as mesmas podem ser pesquisadas ou adquiridas junto ao catálogo da ABNT.

RESÍDUOS	CARACTERÍSTICAS
Resíduos classe I: Perigosos	Resíduos Classe I, Perigosos: São classificados como resíduos classe I ou perigosos os resíduos sólidos ou mistura de resíduos que, em função de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade, podem apresentar risco à saúde pública, provocando ou contribuindo para um aumento de mortalidade ou incidência de doenças e/ou apresentar efeitos adversos ao meio ambiente, quando manuseados ou dispostos de forma inadequada.
Resíduos classe II: Não inertes	Resíduos Classe II, Não Inerte: São classificados como Classe II ou resíduos não inertes os resíduos sólidos ou mistura de resíduos sólidos que não se enquadram na Classe I ou na Classe II – B. Esses resíduos podem ter propriedades como combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água. São, basicamente, os resíduos com as características do lixo doméstico.
Resíduos classe III: Inertes	Resíduos Classe II – B – Inertes: São classificados como Classe II – B os resíduos sólidos ou mistura de resíduos sólidos que, quando amostrados de forma representativa, segundo a NBR 10007 (ABNT, 2004), e submetidos ao teste de solubilização, conforme a NBR 10006 (ABNT, 2004), não tenham nenhum de seus constituintes solubilizado sem concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor. São os resíduos que não se degradam ou não se decompõem quando dispostos no solo, tais como resíduos de construção e demolição, solos e rochas provenientes de escavações, vidros e certos plásticos e borrachas que não são facilmente decompostos.

Figura 13 – Classificação dos resíduos.

Fonte: ABNT, 2017.

3 DESCRIÇÃO, PANORAMA E SIMULAÇÃO DE INVESTIMENTO EM USINA DE RECUPERAÇÃO ENERGÉTICA (URE)

3.1 DESCRIÇÃO E PANORAMA

Ao utilizar os dados do BIG – Banco de informações de geração da ANEEL (2017), é demonstrada a situação da matriz energética do Brasil em operação referente ao Biogás e resíduos sólidos e animais, as tabelas 1, 2, 3 e 4 foram atualizadas pela ANEEL em 18 de janeiro de 2017, expressando a realidade atual.

Tabela 1: BIG – Banco de Informações de Geração, Matriz total

Fontes utilizadas no Brasil - Fase: Operação				
Origem	Quantidade	Potência Outorgada (kW)	Potência Fiscalizada (kW)	%
Fóssil	2415	28.115.004	26.919.800	17,41
Biomassa	533	14.608.616	14.179.657	9,05
Nuclear	2	1.990.000	1.990.000	1,23
Hídrica	1244	106.573.885	97.408.231	65,99
Eólica	414	10.195.738	10.439.542	6,31
Solar	42	27.008	23.008	0,02
Total	4650	161.510.251	150.960.238	100

Fonte: Aneel, 2017

Tabela 2: BIG – Banco de Informações de Geração, Matriz Biomassa

Fontes utilizadas no Brasil - Fase: Operação				
Fonte Nível 1	Quantidade	Potência Outorgada(kW)	Potência Fiscalizada(kW)	%
Floresta	88	3.293.612	3.048.248	22,55
Resíduos sólidos urbanos	15	117.760	114.680	0,81
Resíduos animais	11	2.099	2.099	0,01
Biocombustíveis líquidos	3	4.670	4.670	0,03
Agroindustriais	416	11.190.474	11.009.959	76,6
Total	533	14.608.616	14.179.657	100

Fonte: Aneel, 2017

Tabela 3: BIG – Banco de Informações de Geração Matriz Biogás de Resíduos Sólidos Urbanos

Fonte de Combustíveis Utilizados no Brasil - Operação				
Fonte Nível 2	Quantidade	Potência Outorgada(kW)	Potência Fiscalizada(kW)	%
Biogás - RU	15	117.760	114.680	100
Total	15	117.760	114.680	100

Fonte: Aneel, 2017

Tabela 4: BIG – Banco de Informações de Geração Matriz Biogás de Resíduos Animais

Fonte de Combustíveis Utilizados no Brasil - Operação				
Fonte Nível 2	Quantidade	Potência Outorgada(kW)	Potência Fiscalizada(kW)	%
Biogás - RA	11	2.099	2.099	100
Total	11	2.099	2.099	100

Fonte: Aneel, 2017

Pode-se verificar que a biomassa é responsável por 9,05% da matriz energética brasileira e o Biogás dentro desta matriz começa a aparecer com 0,82%, com 26 usinas e capacidade de 116.779kW, por isso pode-se dizer que o Brasil está “engatinhando” na solução de geração de energia a partir de Resíduos Sólidos Urbanos.

Com os dados, consegue-se vislumbrar o horizonte das usinas que estão em operação dentro do Brasil, porém verifica-se que não existe nenhuma usina que trabalhe com a incineração como fonte de energia diferenciando-se dos países da comunidade Européia,

Japão e EUA. Existe apenas uma usina que é um protótipo nacional em operação, em sua tese de doutorado Pavan, 2010, já tinha salientado que em seus estudos a única usina com utilização de RSU por incineração era também a do RJ.

Voltando a salientar a Lei Nacional de Resíduos Sólidos (Lei n. 12.305/2010) estipula que, existe a obrigatoriedade na aplicação dos recursos em P&D estando prevista na lei e nos contratos de concessão, cabendo à Agência (ANEEL) regulamentar o investimento no programa, acompanhar a execução dos projetos e avaliar seus resultados.

Dentro das informações disponibilizadas, os projetos P&D estratégicos que seriam de acordo com ANEEL, “Arranjos Técnicos e Comerciais para Inserção da Geração de Energia Elétrica a partir do Biogás oriundo de Resíduos e Efluentes Líquidos na Matriz Energética Brasileira”.

Foi feita uma chamada pública Publicada em 24 de julho de 2012, onde recebeu ao todo 23 propostas, com investimento na ordem de R\$ 476 milhões. Entre as empresas que apresentaram propostas destacam-se a Copel Geração e Transmissão S.A, Companhia Paulista de Força e Luz e Eletrosul Centrais Elétricas.

Estes projetos previam a instalação de 33,7 MW em usinas de geração a partir do biogás de resíduos e efluentes líquidos. De acordo com levantamento da ANEEL, mais de 95% da recuperação energética de resíduos no Brasil está concentrada no setor sucroalcooleiro, a partir da queima do bagaço, e no setor papelero, pelo aproveitamento do licor negro. Experiências bem sucedidas na Alemanha permitem supor um ganho significativo no balanço energético se considerada a parcela de materiais que poderiam ser reciclados antes de serem encaminhados para os aterros.

A legislação estabelece que as empresas concessionárias, permissionárias ou autorizadas de distribuição, transmissão e geração de energia elétrica devem aplicar anualmente um percentual mínimo de sua receita operacional líquida no Programa de P&D do setor de energia elétrica.

3.2 INVESTIMENTO EM USINA DE RECUPERAÇÃO ENRGÉTICA (URE)

Neste tópico, serão demonstradas as fases de licença e como poderá ser fomentado o investimento por um fluxo de caixa orientativo a partir do valor total divulgado do empreendimento e as possíveis formas de custealos no mercado.

3.2.1 LICENÇA PRÉVIA (LP)

Esta licença entra na fase preliminar de planejamento do empreendimento:

- Visa à viabilidade ambiental de localização e concepção;
- Verifica os requisitos básicos e condicionantes;
- Abrange todos os estudos ambientais, tais como: EAS, RAP, EIA e RIMA

3.2.1.1 EAS – ESTUDO AMBIENTAL SIMPLIFICADO

Este estudo normalmente é apresentado para empreendimentos que tenham baixo impacto ambiental, no caso de usinas URE não é utilizado.

3.2.1.2 RAP – RELATÓRIO AMBIENTAL PRELIMINAR

Este estudo normalmente é apresentado para empreendimentos que tenha potencial, ou seja, efetivamente causadores de degradação ambiental, no caso de usinas URE este documento faz parte para liberação e até substituído pelo EIA/RIMA, pois como não existe a unificação das agencias ambientais, as mesmas podem ter entendimentos diferentes para estas liberações em cada estado da confederação.

3.2.1.3 EIA/RIMA - ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL e RELATÓRIO DE IMPACTO

Este estudo normalmente é apresentado para empreendimentos que tenha potencial, ou seja, efetivamente causadores de significativa degradação do meio ambiente, no caso de usinas URE este documento é a base para liberação de acordo com a agência que está fazendo

a análise, vale salientar que cada estudo tem um custo intrínseco e estes custos podem ser muito elevados de acordo com o aprofundamento das solicitações das agências.

3.2.2 LICENÇA DE INSTALAÇÃO (LI)

Esta licença autoriza a instalação do empreendimento de acordo com as especificações constantes nos planos, programas e projetos aprovados incluindo as medidas de controle ambiental e demais condicionantes inclusive os sociais de onde a mesma será instalada.

3.2.3 LICENÇA DE OPERAÇÃO (LO)

Esta licença autoriza a operação do empreendimento, após a verificação do efetivo cumprimento do que consta nas licenças anteriores e com as medidas de controle ambiental e condicionantes determinados para a operação da mesma.

Ao obter-se a licença para operar, os integradores devem se preocupar com o desenvolvimento sustentável do empreendimento, e, para o sucesso deste, deve-se verificar se todos os stakeholders envolvidos estejam satisfeitos, que todos os impactos negativos estejam mitigados e que a mesma deixe ainda um legado positivo para a sociedade, pois além das licenças por lei para operar tem-se licenças sociais intrínsecas no processo, licença formais e as globais que são formadas pela sociedade e não podem deixar de serem tratadas, pode-se dizer que a licença social sustenta a licença formal e a licença global interfere na licença formal e por consequência influência na licença social, causa certa estranheza essas nuances, porém se não haver um bem estar social em empreendimentos, os quais afetam diretamente o meio ambiente, o mesmo fica propenso ao fracasso.

3.2.4 FLUXO DE CAIXA PARA INVESTIMENTO EM USINA RECUPERAÇÃO ENERGÉTICA (URE)

Este tópico apresenta uma simulação de fluxo de caixa para um empreendimento em usina de recuperação energética a partir de resíduos sólidos urbanos.

Por não existir valores exatos para cada item do fluxo de caixa e sim apenas valores globais tipo valor total do empreendimento, valores de juros do mercado, taxa de risco, entre outros, o mesmo vai tentar vislumbrar um panorama de orientação básica.

Os valores utilizados nos cálculos a seguir são hipotéticos, baseados nos dados apresentado no VI Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, na cidade de Campina Grande na Paraíba e atualizados com valores de acordo com o mercado de energia e financiamentos.

Nos cálculos não foi considerado as receitas com venda de créditos de carbono e receitas provenientes de contratos com prefeituras para a destinação final do lixo que podem ser firmados através de contrato de concessão dos serviços de destinação final de resíduos urbanos, custos inerentes a transmissão TUST e TUSD foram desconsiderados, visto que uma das atratividades deste tipo de empreendimento é estar muito próximo dos centros de carga.

Foi considerado a geração de 3,3 MW/médios, utilizando a capacidade total da usina, com relação ao financiamento foi utilizado para efeito de cálculo TJLP (+ 2,1%) do BNDES e (3,0%) do BRDE, e o preço da energia levando em consideração a média para o ano de 2017 e a crescente do mercado foi utilizado o preço de R\$ 240,00/MW.

Tabela 5: Dados da simulação do projeto

DADOS DO PROJETO		ENCARGOS SETORIAIS	
Capital próprio (%)	30	Perdas 3% - (MWh)	735,8
Investimento (R\$)	30.000.000	Energia não alocada (%)	15,00%
Capital próprio (R\$)	9.000.000	Energia faturada (MWh/ano)	23.792,2
Capital de terceiros (R\$)	21.000.000	Custo de transmissão (R\$/kW)	0
Atratividade real (%/ano)	6,00%	Tarifa TEO (R\$/MWh)	0
Juros reais terceiros (%/ano)	12,00%		
Carência (meses)	24	CUSTOS OPER./ADM.	
Pagamento (anos)	12	Operação (R\$/MWh)	26,80
Construção (meses)	18	Manutenção (% s/invest.)	0,50%
Concessão (anos)	28	Administração (R\$/MWh)	2,00
Energia gerada bruta (MWh/ano)	24.528	Comerc. (% s/Rec. Bruta)	3,00%
Potência Instalada (kW)	3.300	Seguros (% s/inv.)	0,20%
Preço venda energia (R\$/MWh)	240,00	Depreciação (% s/inv.)	3,60%
IMPOSTOS E TAXAS			
PIS (% s/Rec. Bruta)	0,65%		
COFINS (% s/Rec. Bruta)	3,00%		
Tx. Fisc.ANEEL (% s/Rec. Bruta)	0,40%		
IR (15% de 8% Rec. Bruta)	1,20%		
CSSL (9% de 12% Rec. Bruta)	1,08%		
Outras taxas (% s/ Rec. Bruta)	0,50%		

Fonte: Própria, BNDES, BRDE, ANEEL, 2017

Tabela 6: Cálculo dos juros durante a construção mais a carência.

MÊS	Parcela liberar (R\$)	Dívida (R\$)	Juros (R\$)	Dívida acumulada (R\$)
1	3.500.000	3.500.000	35.000	3.535.000
2		3.535.000	35.350	3.570.350
3		3.570.350	35.704	3.606.054
4	3.500.000	7.106.054	71.061	7.177.114
5		7.177.114	71.771	7.248.885
6		7.248.885	72.489	7.321.374
7	3.500.000	10.821.374	108.214	10.929.588
8		10.929.588	109.296	11.038.884
9		11.038.884	110.389	11.149.272
10	3.500.000	14.649.272	146.493	14.795.765
11		14.795.765	147.958	14.943.723
12		14.943.723	149.437	15.093.160
13	3.500.000	18.593.160	185.932	18.779.092
14		18.779.092	187.791	18.966.883
15		18.966.883	189.669	19.156.551
16	3.500.000	22.656.551	226.566	22.883.117
17		22.883.117	228.831	23.111.948
18		23.111.948	231.119	23.343.068
TOTAL DE JUROS DURANTE A CONSTRUÇÃO (R\$)			2.343.068	
19		23.343.068	233.431	23.576.498
20		23.576.498	235.765	23.812.263
21		23.812.263	238.123	24.050.386
22		24.050.386	240.504	24.290.890
23		24.290.890	242.909	24.533.799
24		24.533.799	245.338	24.779.137
TOTAL DE JUROS NO SEGUNDO ANO (R\$)			3.779.137	

Fonte: Própria, 2017

CUSTOS OPERACIONAIS E ADMINISTRATIVO										
Operação		318.815	637.630	637.630	637.630	637.630	637.630	637.630	637.630	637.630
Manutenção		75.000	150.000	150.000	150.000	150.000	150.000	150.000	150.000	150.000
Administração		23.792	47.584	47.584	47.584	47.584	47.584	47.584	47.584	47.584
Comerc.		42.826	85.652	85.652	85.652	85.652	85.652	85.652	85.652	85.652
Seguros		30.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000
Depreciação		540.000	1.080.000	1.080.000	1.080.000	1.080.000	1.080.000	1.080.000	1.080.000	1.080.000
Juros	1.093.160	2.685.977	2.520.000	2.310.000	2.100.000	1.890.000	1.680.000	1.470.000	1.260.000	1.050.000
SOMA	1.093.160	3.716.410	4.580.866	4.370.866	4.160.866	3.950.866	3.740.866	3.530.866	3.320.866	3.110.866
LAJIR	-1.093.160	-1.056.351	739.251	949.251	1.159.251	1.369.251	1.579.251	1.789.251	1.999.251	2.209.251
Adicional de I.R		0,00	49.925,13	70.925,13	91.925,13	112.925,13	133.925,13	154.925,13	175.925,13	196.925,13
LUCRO LÍQUIDO	-1.093.160	-1.056.351	689.326	878.326	1.067.326	1.256.326	1.445.326	1.634.326	1.823.326	2.012.326

Fonte: Própria, 2017

Tabela 9: Demonstração do resultado do exercício do ano 11 a 20

ANO	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
RECEITAS										
Receita com energia	5.710.118	5.710.118	5.710.118	5.710.118	5.710.118	5.710.118	5.710.118	5.710.118	5.710.118	5.710.118
SOMA	5.710.118	5.710.118	5.710.118	5.710.118	5.710.118	5.710.118	5.710.118	5.710.118	5.710.118	5.710.118
IMPOSTOS E TAXAS										
PIS	37.116	37.116	37.116	37.116	37.116	37.116	37.116	37.116	37.116	37.116
COFINS	171.304	171.304	171.304	171.304	171.304	171.304	171.304	171.304	171.304	171.304
CPMF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tx. Fisc.ANEEL	22.840	22.840	22.840	22.840	22.840	22.840	22.840	22.840	22.840	22.840
IR	68.521	68.521	68.521	68.521	68.521	68.521	68.521	68.521	68.521	68.521
CSSL	61.669	61.669	61.669	61.669	61.669	61.669	61.669	61.669	61.669	61.669
Outras taxas	28.551	28.551	28.551	28.551	28.551	28.551	28.551	28.551	28.551	28.551
SOMA	390.001	390.001	390.001	390.001	390.001	390.001	390.001	390.001	390.001	390.001
CUSTOS OPERACIONAIS E ADMINISTRATIVO										
Operação	637.630	637.630	637.630	637.630	637.630	637.630	637.630	637.630	637.630	637.630
Manutenção	150.000	150.000	150.000	150.000	150.000	150.000	150.000	150.000	150.000	150.000
Administração	47.584	47.584	47.584	47.584	47.584	47.584	47.584	47.584	47.584	47.584
Comerc.	85.652	85.652	85.652	85.652	85.652	85.652	85.652	85.652	85.652	85.652
Seguros	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000
Depreciação	1.080.000	1.080.000	1.080.000	1.080.000	1.080.000	1.080.000	1.080.000	1.080.000	1.080.000	1.080.000
Juros	840.000	420.000	210.000							
SOMA	2.900.866	2.480.866	2.270.866	2.060.866	2.060.866	2.060.866	2.060.866	2.060.866	2.060.866	2.060.866
LAJIR	2.419.251	2.839.251	3.049.251	3.259.251	3.259.251	3.259.251	3.259.251	3.259.251	3.259.251	3.259.251
Adicional de I.R	217.925,13	259.925,13	280.925,13	301.925,13	301.925,13	301.925,13	301.925,13	301.925,13	301.925,13	301.925,13
LUCRO LÍQUIDO	2.201.326	2.579.326	2.768.326	2.957.326	2.957.326	2.957.326	2.957.326	2.957.326	2.957.326	2.957.326

Fonte: Própria, 2017

Tabela 10: Demonstração do resultado do exercício do ano 21 a 28

ANO	21	22	23	24	25	26	27	28
RECEITAS								
Receita com energia	5.710.118	5.710.118	5.710.118	5.710.118	5.710.118	5.710.118	5.710.118	5.710.118
SOMA	5.710.118	5.710.118	5.710.118	5.710.118	5.710.118	5.710.118	5.710.118	5.710.118
IMPOSTOS E TAXAS								
PIS	37.116	37.116	37.116	37.116	37.116	37.116	37.116	37.116
COFINS	171.304	171.304	171.304	171.304	171.304	171.304	171.304	171.304
CPMF	0	0	0	0	0	0	0	0
Tx. Fisc. ANEEL	22.840	22.840	22.840	22.840	22.840	22.840	22.840	22.840
IR	68.521	68.521	68.521	68.521	68.521	68.521	68.521	68.521
CSSL	61.669	61.669	61.669	61.669	61.669	61.669	61.669	61.669
Outras taxas	28.551	28.551	28.551	28.551	28.551	28.551	28.551	28.551
SOMA	390.001	390.001	390.001	390.001	390.001	390.001	390.001	390.001
CUSTOS OPERACIONAIS E ADMINISTRATIVO								
Operação	637.630	637.630	637.630	637.630	637.630	637.630	637.630	637.630
Manutenção	150.000	150.000	150.000	150.000	150.000	150.000	150.000	150.000
Administração	47.584	47.584	47.584	47.584	47.584	47.584	47.584	47.584
Comerc.	85.652	85.652	85.652	85.652	85.652	85.652	85.652	85.652
Seguros	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000
Depreciação	1.080.000	1.080.000	1.080.000	1.080.000	1.080.000	1.080.000	1.080.000	540.000
Juros								
SOMA	2.060.866	2.060.866	2.060.866	2.060.866	2.060.866	2.060.866	2.060.866	1.520.866
LAJIR	3.259.251	3.259.251	3.259.251	3.259.251	3.259.251	3.259.251	3.259.251	3.799.251
Adicional de I.R	301.925,13	301.925,13	301.925,13	301.925,13	301.925,13	301.925,13	301.925,13	355.925,13
LUCRO LÍQUIDO	2.957.326	2.957.326	2.957.326	2.957.326	2.957.326	2.957.326	2.957.326	3.443.326

Fonte: Própria, 2017

Tabela 11: Fluxo de Caixa do empreendimento para os 28 anos operação

ANO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Lucro líquido R\$	-1.093.160	1.056.351	689.326	878.326	1.067.326	1.256.326	1.445.326	1.634.326	1.823.326	2.012.326
(+) Depreciação R\$		540.000	1.080.000	1.080.000	1.080.000	1.080.000	1.080.000	1.080.000	1.080.000	1.080.000
(-) Capital próprio R\$	9.000.000									
(-) Amortização R\$			1.750.000	1.750.000	1.750.000	1.750.000	1.750.000	1.750.000	1.750.000	1.750.000
SOMA	10.093.160	-516.351	19.326	208.326	397.326	586.326	775.326	964.326	1.153.326	1.342.326
ANO	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Lucro líquido R\$	2.201.326	2.579.326	2.768.326	2.957.326	2.957.326	2.957.326	2.957.326	2.957.326	2.957.326	2.957.326
(+) Depreciação R\$	1.080.000	1.080.000	1.080.000	1.080.000	1.080.000	1.080.000	1.080.000	1.080.000	1.080.000	1.080.000
(-) Capital próprio R\$										
(-) Amortização R\$	1.750.000	1.750.000	1.750.000	1.750.000						
SOMA	1.531.326	1.909.326	2.098.326	2.287.326	4.037.326	4.037.326	4.037.326	4.037.326	4.037.326	4.037.326
ANO	21	22	23	24	25	26	27	28		
Lucro líquido R\$	2.957.326	2.957.326	2.957.326	2.957.326	2.957.326	2.957.326	2.957.326	3.443.326		
(+) Depreciação R\$	1.080.000	1.080.000	1.080.000	1.080.000	1.080.000	1.080.000	1.080.000	540.000		
(-) Capital próprio R\$										
(-) Amortização R\$										
SOMA	4.037.326	4.037.326	4.037.326	4.037.326	4.037.326	4.037.326	4.037.326	3.983.326		

Fonte: Própria, 2017

Após análise das planilhas obteve-se uma Taxa Interna de Retorno (TIR) de 12,15%, ou seja, muito próxima do valor do capital, o que precisa ser salientado, é que foi considerado geração *full time*, porém não foram consideradas as possíveis rendas com crédito de carbono e com contrato de concessão dos serviços de destinação final de resíduos urbanos assim como o reaproveitamento do processo de incineração para contratos de complemento de usinas de asfalto ou tijolos, com esses adendos ao processo pode-se até afirmar, empiricamente que o empreendimento possa ser viável, contando que o mesmo se ancore em investidores sólidos, e que seja levado em consideração o suprimento para incineração.

4 CONCLUSÃO

Por meio do estudo realizado foi possível destacar analogias dos processos de tratamento de RSU, cada uma em seu setor, defendendo sua área de atuação. Neste trabalho não há uma resposta sobre qual processo seria melhor ou pior para exploração e geração de energia a partir de RSU. Há uma demonstração das propostas para o tratamento do RSU para que de forma individual se possa tirar as devidas conclusões, pois cada tema abordado faz referência a uma determinada área de exploração e cada qual com suas particularidades.

Hoje, o panorama em diversos estados do Brasil é de falta de água, concomitante a isto, nossa matriz energética é basicamente hídrica, logo, pode-se dizer que a diversificação na geração de energia é necessária. São importantes também energias diversificadas, e porque não dizer, novas fontes de energia que podem agregar muito valor a matriz energética brasileira. Recursos são formatados e disponibilizados pelo PROINFA. Estudos são incentivados pelo P&D. Investidores enxergam o horizonte rentável na geração de energia de forma inovada e como demonstrado no fluxo de caixa orientativo o empreendimento pode ser fomentado, desde que todos os condicionantes possam ser alinhados.

Os responsáveis pelas diretrizes de meio ambiente simpatizam pelos novos projetos com a diminuição dos impactos na natureza, daí a necessidade de questionar o que falta para a evolução na geração de energia a partir de RSU; seria vontade política, burocracia, tecnologia, ou falta de novos grupos formadores de ideias referentes aos processos aqui demonstrados.

Para que se tenha na realidade a geração de energia elétrica a partir de resíduos sólidos urbanos no Brasil deveria ser fomentada uma ação mais objetiva dos agentes institucionais, da sociedade, criação de mais parcerias público privadas e possíveis desonerações fiscais para que todos os modelos aqui demonstrados, incineração, biogás de aterros e biodigestores, pudessem se destacar no cenário energético nacional. Deste modo a condição nacional atual de “estar engatinhando” nos processos geração de energia elétrica a partir de RSU, como dito nas páginas anteriores, poderia ser alterada para “caminhando a passos largos rumo ao futuro sustentável”.

5 Bibliografia

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Disponível em:<<http://www.aneel.gov.br>> Acesso em: 27 dez. 2016;

ABRELPE (Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Publica e Resíduos Especiais) - Atlas Brasileiro de Emissões de GEE e Potencial Energético na Destinação de Resíduos Sólidos, 2013.

ABRELPE (Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Publica e Resíduos Especiais) – Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil, 2011. BRASIL, DECRETO LEI Nº 12.305, DE 2 DE AGOSTO DE 2010. DIÁRIO OFICIAL DO BRASIL. Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Diário Oficial da União, Brasília, DF, 23 dez. 2010;

BAITELO, Ricardo - Coordenador da Campanha de Energias Renováveis do Greenpeace Brasil. Doutor em Planejamento Integrado de Recursos pela Escola Politécnica da USP. – Disponível em www.greenpeace.org. Acesso em: 28 mar. 2016.

BRASIL, DECRETO LEI Nº 12.305, DE 2 DE AGOSTO DE 2010. DIÁRIO OFICIAL DO BRASIL. Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Diário Oficial da União, Brasília, DF, 23 dez. 2010.

BRASIL, DECRETO LEI Nº 12.493, DE 2 DE JANEIRO DE 1999. DIÁRIO OFICIAL DO PARANÁ. Política Estadual de Resíduos Sólidos (PERS). Diário Oficial nº 5430, Curitiba, PR, 05 fev. 1999.

BRASIL, DECRETO LEI Nº 7.833, DE 19 DE DEZEMBRO DE 1991. DIÁRIO OFICIAL DO PARANÁ. Política Municipal do Meio Ambiente. Diário Oficial, Curitiba, PR, 19 dez. 1991.

CHAGAS, Marcos Wilson Pereira - Sistemas de energia e climatização: aplicações práticas em telecomunicações e data Center – São Paulo: Érica, 2014;

CENTRO DE PRODUÇÕES TÉCNICAS- CPT Disponível em:<<http://www.cpt.com.br/cursos-energiaalternativa/artigos/biodigestor-produz-energia-e-fertilizantes-a-partir-de-dejetos>>Acesso em: 27 dez. 2016;

CENTRO NACIONAL DE REFERÊNCIA DE PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS – CERPCH. Disponível em:<<http://www.cerpch.unifei.edu.br/biodigestor.php>> Acesso em: 27/12/2016. EPE [EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA]. Série – Recursos Energéticos. Rio de Janeiro: EPE, 2008 disponível em:<http://epe.gov.br/mercado/Documents/S%C3%A9rie%20Estudos%20de%20Energia/20081208_1.pdf> Acesso em: 27 dez. 2016;

CETESB – Biogás: Projetos e pesquisas no Brasil / CETESB, Secretaria do Meio Ambiente; organização Josilene Ticianelli Vannuzini; responsável técnico João Wagner Silva Alves. _ São Paulo: SMA,2006. Disponível em www.cetesb.sp.gov.br Acesso em: 21 abr. 2016;

EPE [EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA]. Série – Recursos Energéticos. Rio de Janeiro: EPE, 2008 disponível em http://epe.gov.br/mercado/Documents/S%C3%A9rie%20Estudos%20de%20Energia/20081208_1.pdf. Acesso em: 17 mar. 2016.

FERREIRA, Adriana Ziemer Garcia - Aproveitamento Energético de Resíduos Sólidos Urbanos pelo Processo de Incineração: Análise Técnica e Ambiental CONEXÃO ACADEMIA - A Revista Científica sobre Resíduos Sólidos, Julho 2013 - Ano II - Volume 4.

GLOBO NEWS – Conheça as formas de produção de energia e matéria-prima a partir de resíduos – Cidades e Soluções – Disponível em <http://g1.globo.com/globo-news/cidades-e-solucoes/videos/t/programas/v/conheca-as-formas-de-producao-de-energia-e-materia-prima-a-partir-de-residuos/2497175> - Acesso em: 07 dez. 2016.

INFOPÉDIA - Incineração - Porto Editora, 2003-2014. - Disponível em [http://www.infopedia.pt/\\$incineracao](http://www.infopedia.pt/$incineracao) - Acesso em: 22 mar. 2016.

INVESTING.COM – Valores dos Créditos de Carbono - <http://br.investing.com/commodities/carbon-emissions> - Acesso em: 18 jan. 2017;

MACHADO, Gleysson B – Usina de Queima de Lixo – Portal de resíduos sólidos, artigo publicado em 8 de abril de 2013, disponível em: < <http://www.portalresiduossolidos.com> > Acesso em: 12 jan. 2017;

ONS – OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO, Disponível em: <<http://www.ons.gov.br>> Acesso em: 17/01/2017. TV CAMARA – Vídeos educativos transformando lixo em energia Elétrica – programa apresentado dia 04 abr. 2013, visto em 12 dez 2016;

PAVAN, Margareth de Cássia Oliveira – Geração de energia a partir de resíduos sólidos urbanos: Avaliação e diretrizes para tecnologias potencialmente aplicáveis no Brasil – São Paulo, 2010. Disponível em www.teses.usp.br/teses/disponiveis/86/86131/tde. Acesso em: 14 dez 2016.

REIS, Lineu Belico dos - Energia elétrica e sustentabilidade: aspectos tecnológicos, socioambientais e legais - Barueri, SP: Manole, 2006. - (Coleção Ambiental)

TV CAMARA – Vídeos educativos transformando lixo em energia Elétrica – programa apresentado dia 04 abr. 2013.

WTERT-Brasil - Consórcio indústria-universidade denominado Waste-to-Energy Research and Technology Council (WTERT) - é reconhecido como a principal fonte de informação em

pesquisa e desenvolvimento nos EUA na área de energia a partir de resíduos. – Disponível em www.wtert.com.br Acesso em: 12 dez 2016;

