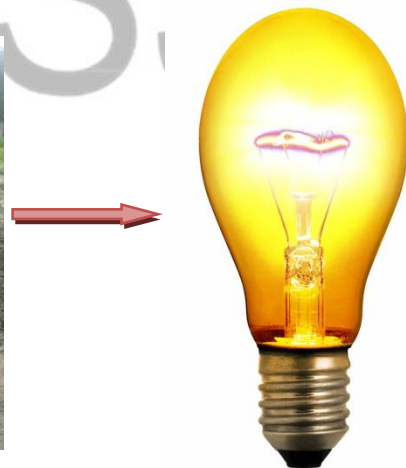




Universidade Zambeze  
Faculdade de Ciência e Tecnologia

**Curso: Mestrado em Engenharia e Gestão de Energia**

**PROPOSTA DE PROCEDIMENTO PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉCTRICA APARTIR DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS NACIDADE DA BEIRA. CASO DE ESTUDO: BAIRROS PONTAGEA, MACURUNGO E MUNHAVA.**



**Mestrante:** Vasco Munguare Penente

**Supervisor:** Prof Auxiliar Milagro Beaton Berenguer

Beira, 2016

### **Dedicatória**

Este trabalho dedico a meus irmão que de tudo fizeram para que fosse possível a realização deste trabalho. E em geral a todos que direta ou diretamente contribuíram na materialização do mesmo.

### **Agradecimentos**

Agradeço a Deus Pai que me deu sabedoria, paciência e esperança, agradeço a professora Milagro Beaton Berenguer minha supervisora e Assessora de resíduos sólidos Urbanos da GIZ, a engenheira Núria Botelio Mestre, que foram fundamentais na execução e finalização do trabalho e ao FNI a entidade financiadora desta dissertação, a minha filha que foi minha fonte de inspiração, aos demais colegas e amigos que contribuíram directa e indirectamente para a materialização do projecto.

### **Declaração de Honra**

Eu, Vasco Munguare Penente declaro que esta dissertação é resultado do meu próprio trabalho e esta a ser submetida para a obtenção do grau de mestre na Universidade Zambeze, Beira. Ela não foi submetida antes para obtenção de nenhum grau para avaliação em nenhuma outra universidade.

---

(Vasco Munguare Penente)

Dia \_\_\_\_\_ de Março de \_\_\_\_\_ 2016

## SUMÁRIO

Dedicatória.....	3
Agradecimentos .....	4
Declaração de Honra.....	5
Lista de Figuras.....	8
Lista de Tabelas e Gráficos.....	9
Lista de Siglas e Símbolos .....	10
RESUMO .....	11
ABSTRACT.....	12
INTRODUÇÃO .....	13
Objetivos .....	14
Objectivo Geral .....	14
CAPÍTULO- I - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO .....	15
1.1. RESIDUOS SÓLIDOS –DEFINIÇÕES .....	15
1.2. RESIDUOS SÓLIDOS -CLASSIFICAÇÃO .....	16
1.2.1.Classificação por periculosidade.....	16
1.2.2. Classificação por estado.....	17
1.2.3. Classificação dos Residuais sólidos por Origem.....	17
1.2.3.Classificação dos Residuais Sólidos por tipo de Gestão.....	18
1.3. Residuos sólidos Urbano – caraterização.....	18
1.4. Sistemas de Colecta e transportação de RSU .....	19
1.5. .Processos de Separação de RSU.....	20
1.6. Processos de trituração de de RSU.....	21
Britador de Mandibula .....	23
Princípio de funciomaneto .....	23
Picadores de madeira fixos a tambor .....	24
1.7. Tecnologias de conversão de RSU em energia Elétrica .....	24
1.7.1. Tratamento térmico dos RSU.....	25
Gaseificação.....	25
Princípio de Funcionamento de um Gaseficador de RSU.....	26
Tipos de Gaseficadores .....	27
Fig. 1.7.Esquema básico dos três tipos de Gaseficadores( CHEMIHILL, 2009).....	29
Recuperação de Energia e Eficiência Energética nos Diversos tipos de Gaseficadores .....	30

Incineração( Caldeiras) .....	32
Gaseificação convencional.....	32
Pirólise/ Gasificação .....	34
Pirólise ( <i>Pyrolysis</i> ).....	35
Sistema de Limpeza dos gases Syngas .....	38
1.5.2. Tratamento Biológico .....	39
Biodisgetor.....	39
1.5.2.2. Princípio de Funcionamento.....	40
Modelos de tipo tubular .....	44
Biodigestor tampa flexível .....	44
Biodigestores de Segunda ou terceira geração.....	45
CAPÍTULO-II- MATERIAIS METÓDOS .....	46
2.1. Caraterização da área de estudo.....	46
2.2. Caracterização do sistema de recolha e de colecta dos RSU em Bairros da cidade da Beira .....	47
2.3. Selecção da Amostra para caracterização dos RSU.....	48
Quarteamento manual .....	49
2.5. Método para determinar a composição gravimétrica dos RSU (%).....	50
2.6 Métodos Estatísticos para análises de dados.....	51
2.6.1. Histogramas.....	51
2.7. Cálculo da geração percapta de RSU nos três bairros estudados.....	52
CAPÍTULO-III- RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	53
3.1. Estimação da geração percapta de RSU nos três bairros estudados.....	53
3.2. Composição Gravimétrica dos RSU por amostra. ....	54
3.3. Proposta de um procedimento para obtenção de energia partir de RSU.....	57
Terceira etapa: Processo da degração anaeróbica da matéria orgânica no biodigestor.....	58
Quarta etapa: Obtenção de energia térmica em gaseficadores.....	59
Utilização do RSU inorgânicos na caldeira. ....	60
CONCLUSÃO .....	61
RECOMENDAÇÕES .....	62
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62

## Lista de Figuras

- Fig.1.1 .....Moinho de Martelos usado para reduzir o tamanho dos RSU
- Fig.1.2. ....Processo esquemático de um Picador de Madeira do tipo PTL
- Fig.1.3.....processo de conversão de RSU em enérgia eléctrica
- Fig. 1.4. ....Esquema de um gaseficador típico
- Fig.1-5.....Gaseficador tipo Fluido leito fixo- contracorrente presurizado de
- Fig.1.6.....Gaseficador leito fixo- co-corente tipo lambert
- Fig.1.11.....Processo esquemático- RSU em Electricidade via pirólise
- Fig. 1.7.....Esquema básico dos três tipos de Gaseficadores
- Fig-1.8.....Proces. esquemático- RSU em Electricidade usando PLARC
- Fig-1.9.Processo esquemático- RSU em Electricidade Gaseficação Convencional
- Fig-1.10...Processo esquemático- RSU em Electricidade via pirólise/Gaseficação
- Fig-1.11.....Processo esquemático- RSU em Electricidade via pirólise
- Fig-1.12.....Tecnologia de Digestão Anaeróbica da empresa BTA
- Fig.1.13...Esquema do processo de degradação da matéria orgânica na digestão anaeróbica
- Fig.-1.14- .....Biodigestor de sino Flutuante
- Fig.-1.15-.....Biodigestor de Cúpla Fixa
- Fig-1.16.....Biodigestor do tipo tubular de polietileno
- Fig.-1.17.....Biodigestor do tipo tubular de polietileno

### **Lista de Tabelas e Gráficos**

- Tabela-1.1..... Equipamentos para a redução de tamanhos de RSU
- Tabela-1.3.. Análise comparativa das vantagens e desvantagens dos diversos tipos gasificadores de RSU
- Tabela-1.7 -..... Produção de Biodigestor para diferentes para Volumes
- Tabela-1.8 -.....Diversos tipos de Biodigestores de segunda geração.

### **Lista de Siglas e Símbolos**

- GIZ.....Organização alemã que opera em Mozambique na área de energia e descentralização governamental.
- RSU.....Resíduos sólidos urbanos
- CMB-..... Conselho Municipal da Beira
- CRM-



## RESUMO

Na cidade da Beira não existe um sistema de Gestão eficiente de resíduos sólidos urbanos devido a não existência de uma infra-estrutura para a sua colecta e o qual provoca a existência de resíduos dispersos nas ruas, nas canalizações de água afectando o meio ambiente, segurança e saúde da população. Nesta investigação se propõe um procedimento para a geração de energia eléctrica a partir de uso destes RSU. Primeiramente fez-se uma revisão bibliográfica para determinar o estado de arte no mundo e em Moçambique a cerca da temática em estudo. A investigação se fez em três bairros, Pontagea (renda alta), Macurungo (renda média) e Munhava (renda baixa) e uma escola de cada bairro, depois fez-se a tomada de amostras aplicando o método de quarteo, para determinar a composição gravimétrica destes residuais, sendo a material orgânica a de maior composição nos RSU dos bairros e nas escolas os residuais principais são o papel e plástico, logo estimou-se a produção per capita de geração de RSU nos diferentes bairros, cujos resultados mostram nos que os bairro da pontagea é maior produtor de RSU (32394,4 kg per capita/dia), similar comportamento tem a escola secundária da pontagea (200.9kg/dia). Para facilitar a velocidade de reação durante o processo de digestão anaeróbica e gasificação, propõe-se um triturador Mangual TPL e por último propõe-se um procedimento para a geração de energia a partir da utilização da material orgânica, plastic filme e papel colectado. O processo começaria com o processo de classificação, colecta, trituração dos RSU e depois o processo de conversão empregando o biodigestor de cúpula fixa de forma rectangular e gasificador de leito fixo, contra corrente de Luigi. Os gases obtidos em ambos processos alimentam a turbina de gás do tipo ALTOM G10. O plásticos e o papel também podem ser empregados como combustíveis em caldeiras pirótubulares para a geração de vapor, que posteriormente se utilizarão para geração de energia.

Palavras chaves:, RSU, Biodigestores, gasificadores e energia eléctrica

## ABSTRACT

In Beira there is an efficient management system of municipal solid waste due to non-existence of deposits to your collection as in the streets, neighborhoods, government entities, which causes the existence of dispersed waste in the streets, affecting water pipes the environment, safety and health .In this research population proposes a strategy for collection, transportation, sorting and treatment of solid waste. The proposed treatment is intended to produce electricity for consumption in the city of Beira. It is proposed as the construction of treatment digester for treatment of organic and vegetable matter and the application of plasma technology arc gasification for treatments of other non-metallic materials.

Keywords: Waste, Technology Plasma arc gasification, Electricity





## INTRODUÇÃO

Desde a criação da humanidade, os seres humanos têm gerado desperdício. Mas a eliminação de resíduos não era um problema quando teve-se uma existência nômade; pois a humanidade simplesmente afastou e deixou para trás seus resíduos. Actualmente

O desenvolvimento demográfico, económico e tecnológico do mundo junto com a modificação de hábitos de consumo tem provocado aumento vertiginoso do volume dos Resíduos sólidos urbanos( RSU) (Capaz, 2001).

A maioria dos países do mundo classificam, reocuparam e reutilizam alguns componentes de RSU como materias primas para produções diversas como combustíveis no processo de combustão e na produção de compostos para melhoramento da fertilidade de solos.

A cidade da Beira tem uma população estimada em 462235 habitantes a qual tem uma produção diária de resíduos estimada em 350 toneladas, ou seja, cerca de 135 mil toneladas por ano da qual somente se colecta 35% (CRM, 2014). O governo municipal da Beira não tem uma legislação para gestão dos RSU, este facto não favorece a recolha adequada e com a frequência requerida destes residuais, pelo que se encontra na rua, contedores cheios de resíduos em seus arredores, o qual facilita proliferação de baratas, moscas, ratos, mosquitos que são transmissores de doenças como malária, diarreias, dengue entre outras.

Em países como USA, Alemanha, França, Finlândia geram energia partir de aproveitamento de valor calorico de alguns componentes inorganicos dos RSU, aplicando processos como gaseficação em gaseficadores de leito fixo.

Nos países de America como Brasil e Cuba utilizam o processos de digestão anaerobica, a partir de aproveitamento da material organica, presentes nestes resíduos, para a obtenção de energia eléctrica a ultizar em sector campezino e em bairros.

A cidade da Beira devido ao seu virtiginoso crescimento economico, causado pelo aumento de investimento estrangeiro, tem uma demanda energética de 105 MW, mas apenas é fornecida 52 MW (Zanete, 2009), produzida na central hidroeléctrica Mavúzi, sita na provincia de Manica, situada a uma distância de 250km da cidade da Beira, facto que provoca a perda de qualidade de energia. Esta demanda superior a oferta em conjunto com a operação de manutenção são as causas dos cortes eléctricos prolongados e em horário de pico.

Tendo em conta o volume de RSU que se gera diariamente na cidade da Beira, que é deitado na lixeira da Munhava com a perda de determinados componetes com valor de

reuso há ineficiente sistema de gestão de RSU e pelas necessidades energéticas da cidade da Beira se propõe solucionar o seguinte problema científico.

### **Problema**

Como aproveitar os RSU produzidos na cidade da Beira para a geração de energia elétrica?

### **Objetivos**

#### **Objectivo Geral**

- Propor um Procedimento para geração de energia elétrica a partir de resíduos sólidos urbanos na cidade da Beira

#### **Objetivos específicos**

- Determinar e quantificar a composição gravimétrica dos RSU nos bairros em estudo.
- Estimar a produção percapta de RSU nos bairros em estudo.
- Identificar os processos e equipamentos de geração de energia a partir da utilização de RSU
- Propor um sistema de geração de energia elétrica a partir do aproveitamento dos RSU

### **Hipótese**

Se se aplica processo de classificação, digestão anaeróbica, térmicos e de geração de electricidade a alguns componentes de RSU, poderá obter-se a energia eléctrica.

## **CAPÍTULO- I - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO**

Neste capítulo dá-se o fundamento teórico sobre os resíduos sólidos urbanos desde sua definição, classificação, caracterização, processo de seleção e separação antes de se usar qualquer tipo de tecnologia de conversão até ao derradeiro passo, a geração de energia eléctrica, também faz-se uma análise crítica de todos os processos, tendo em conta a sua eficiência e o seu valor económico.

### **1.1. RESÍDUOS SÓLIDOS –DEFINIÇÕES**

Segundo a Norma brasileira NBR, 10004,(1987), resíduos sólidos- classificação- resíduos sólidos( RS) - são aqueles resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades da comunidade de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face a melhor tecnologia disponível (Tada e Kimura, 2003).

Os resíduos sólidos são todos os restos sólidos ou semi-sólidos das atividades humanas ou não-humanas, que embora possam não apresentar utilidade para a atividade fim de onde foram gerados, podem virar insumos para outras atividades. Exemplos: aqueles gerados em residências e que são recolhidos periodicamente pelo serviço de coleta da cidade e também a sobra de limpezas de praças e locais públicos que podem incluir folhas de árvores, galhos e restos de poda.(Viviana Zanta, et, al, 2004).

Para a ABNT–NBR 10004, 2004, p.2- Resíduos sólidos constituem aquilo que genericamente se chama lixo: materiais sólidos considerados sem utilidade, supérfluos ou perigosos, gerados pela atividade humana, e que devem ser descartados ou eliminados.

De acordo com a Convenção de Basileia,(Programa das Nações Unidas para o Ambiente), resíduos- são substâncias ou objectos que são eliminados ou se destinem a ser eliminados ou devam ser eliminados pelas disposições de direito interno.

Conforme a directiva, quadro Resíduos, da União Europeia define –se resíduos como " objetos que o detentor se desfaz , pretende descartar ou é obrigado a rejeitar.

Resíduo Sólido ou simplesmente lixo é todo material sólido ou semi-sólido indesejável ou que necessita ser removido por ter sido considerado inútil por quem o descarta em qualquer recipiente destinado a este ato (MONTEIRO, et al., 2001).

Estas definições tornam evidente a diversidade e complexidade dos resíduos sólidos. Os resíduos sólidos de origem urbana (RSU) compreendem aqueles produzidos pelas inúmeras atividades desenvolvidas em áreas com aglomerações humanas do município, abrangendo resíduos de várias origens, como residencial, comercial, de estabelecimentos de saúde, industriais, da limpeza pública (varrição, capina, poda e outros), da construção civil e, finalmente, os agrícolas. Na cidade da Beira os vários RSU gerados, são recolhidos pelo conselho Municipal da Beira e encaminhados para a disposição numa lixeira a céu aberto. É importante realçar que sob responsabilidade do CMB estão os resíduos de origem domiciliar ou aqueles com características similares, como os comerciais, e os resíduos da limpeza pública. Ressalta-se que o gerenciamento de resíduos de origem não domiciliar, como é por exemplo, os resíduos de serviço de saúde ou da construção civil, são igualmente de responsabilidade do gerador, estando sujeitos a legislação específica vigente. A composição dos RSU domésticos é bastante diversificada, compreendendo desde restos de alimentos, papéis, plásticos, metais e vidro até componentes considerados perigosos por serem prejudiciais ao meio ambiente e à saúde pública. Atualmente a maior parte desses materiais pode ser aproveitada para algum outro fim, seja de forma direta, como por exemplo as aparas de embalagens laminadas descartadas pelas indústrias e utilizadas para confecção de placas e compensados, ou de forma indireta, por exemplo, como material orgânico para geração de energia que é usada em diversos processos.

## **1.2. RESÍDUOS SÓLIDOS -CLASSIFICAÇÃO**

Há vários tipos de classificação dos resíduos sólidos que se baseiam em determinadas características ou propriedades identificadas. A classificação é relevante para a escolha da estratégia de gerenciamento mais viável. Segundo a norma NBR 10004, de 1987 trata da classificação de resíduos sólidos quanto a sua periculosidade, ou seja, característica apresentada pelo resíduo em função de suas propriedades físicas, químicas ou infectocontagiosas, que podem representar potencial de risco à saúde pública e ao meio ambiente (Viviana Zanta, et al., 2003).

### **1.2.1. Classificação por periculosidade**

De acordo com sua periculosidade os resíduos sólidos podem ser enquadrados como:

**Resíduos-Perigosos-** são aqueles que apresentam periculosidade, conforme definido anteriormente, ou uma das características seguintes: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade.

**Resíduos não inertes** - São aqueles que não se enquadram na classe I ou III. Os resíduos classe II podem ter as seguintes propriedades: combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água.

**Resíduos inerte**- são aqueles que, por suas características intrínsecas, não oferecem riscos à saúde e

### 1.2.2. Classificação por estado

Para norma NBR 10004, (2006), um resíduo é definido pelo estado de acordo com o estado físico em que se encontra. Existe, portanto, três tipos de resíduos a partir deste ponto de pontos de vista, sólidos, líquidos e gases, é importante notar que o âmbito efectivo desta classificação pode ser definida puramente descritivo ou , como é feito na prática , na forma de manipulação associadas por exemplo, um tambor com óleo usado e é considerado como resíduo, é inerentemente um líquido, mas a sua gestão será tão sólido como ele é transportado por caminhão e não por um sistema de linha hidráulica.

Resíduos em geral também pode ser caracterizado pelas suas características de composição e geração.

### 1.2.3. Classificação dos Residuais sólidos por Origem

Pode-se definir o resíduo pela atividade em que ocorreu, é essencialmente uma classificação por sector. Esta definição não leva em limites práticos sobre o nível de detalhe que pode se chegar a ele.

#### **Municipais**

A produção de resíduos sólidos urbanos varia dependendo do associado com níveis de renda, hábitos de consumo, desenvolvimento tecnológico e qualidade dos padrões de vida dos factores culturais da população. Os sectores com as maiores rendas per capita geram maiores volumes de resíduos e os tais resíduos tem um valor acrescentado mais elevado do que os dos sectores mais pobres da população.

#### **Industriais**

A quantidade de resíduos gerados pela indústria depende da tecnologia do processo de produção, a qualidade das propriedades primas ou produtos intermédios matérias, físicas e químicas dos materiais utilizados auxiliares, combustíveis e processo de embalagem.

### **Minerais**

Resíduos da actividade mineira inclui materiais que são removidos para obter acesso aos minerais e todos os resíduos do processo de mineração.

### **Hospitales:**

Atualmente, a gestão de resíduos hospitalares não é o mais adequado, já que não há clara sobre o regulamento. A gestão destes resíduos é feito ao nível do gerador e não sob um sistema descentralizado. Em termos de resíduos hospitalares são geralmente esterilizados. A composição dos vários resíduos hospitalares a partir de resíduos residenciais e comerciais de resíduos hospitalares contendo substâncias perigosas tal tipo.

A organização de nome Integrated Waste Management Board da Califórnia, EUA entende por resíduos Hospitalers, como aquele que esta composto de resíduos que é gerado como resultado de:

- a) o tratamento, diagnóstico ou a imunização de seres humanos ou animais.
- b) que conduz à produção de preparações de teste ou pesquisa médica.

### **1.2.3. Classificação dos Resduais Sólidos por tipo de Gestão.**

- a) Os resíduos perigosos: Estes resíduos que pela sua natureza são inerentemente perigosos de manusear e /ou alienar e pode causar a morte, doença; ou que são perigosos para a saúde ou para o meio ambiente quando manuseados incorretamente.
- b) um resíduo inerte: estável ao longo do tempo, o que não produz efeitos ambientais consideráveis por interagir resíduo no ambiente.
- c) resíduos não perigosos: aqueles residuos que não são nem perigoso nem inertes.

### **1.3. Residuos sólidos Urbano – caraterização**

O Monteiro, et., al (2001), (por outros autores) agrupa as caraterísticas física, química e Biologica dos RSU em:

- **Características Físicas:**

**Geração per capita:** relaciona a quantidade de resíduos urbanos gerados diariamente e o número de habitantes de determinada região;

**Composição gravimétrica:** traduz o percentual de cada componente em relação ao peso total da amostra de lixo analisado

**Peso específico aparente(valores):** é o peso do lixo em função do volume ocupado livremente sem qualquer compactação expressa em  $\text{kg} / \text{m}^3$ ;

Teor de umidade(valores: representa a quantidade de água presente no lixo, medida em percentual de seu peso;

Compressividade: é o grau de compactação ou redução do volume que uma massa de lixo pode sofrer quando compactada.

#### **Características Químicas:**

Poder calorífico: indica a capacidade potencial de um material desprender determinada quantidade de calor quando submetido a queima;

Potencial hidrogeniônico (pH): indica o teor de acidez ou alcalinidade dos resíduos, em geral situa-se na faixa de 5 a 7.

Composição química: consiste na determinação dos teores de cinzas, matéria orgânica, carbono, nitrogênio, potássio, cálcio, fósforo, resíduo mineral total, resíduo mineral solúvel e gorduras;

Relação carbono/nitrogênio (C, N): indica o grau de decomposição da matéria orgânica do lixo nos processos de tratamento / disposição final.

#### **Características Biológicas:**

São aquelas determinadas pela população microbiana e dos agentes patogênicos presentes no lixo que, ao lado de suas características químicas permitem que sejam selecionados os métodos de tratamento e disposição final mais adequada.

### **1.4. Sistemas de Colecta e transportação de RSU**

Segundo Agostinho Fernando,(2013), coletar residuos significa recolher residuos para ecaminha-los por meio de transporte adequado para o tratamento e destinação final.

Os sistemas de coleta e transporte de RSU podem ser muito diversos dependendo da cidade onde são implementados, isso pode ser explicado pela existência ou não de um planejamento urbano que inclui por exemplo um plano de gestão integrada de RSU. A princípio o Sistema de Coleta e Transporte de Resíduos Sólidos tem a função de coletar os resíduos no local onde são gerados e transportá-los até uma forma de destinação<sup>1</sup>.

Dessa forma, o sistema de coleta pode ser classificado em:

- **Sistema de coleta e transporte misto:** Os resíduos são coletados nos locais onde são gerados e misturados dentro um de veículo transportador para depois seguirem até uma destinação. Esse tipo de sistema é normalmente encontrado em municípios e cidade

sem planejamento urbano, onde o sector de resíduos se encontra ainda desestruturado, sem legislação específica.

- **Sistema de coleta seletiva:** Os resíduos são coletados de forma separada de acordo com o tipo de resíduo. Neste caso, os próprios geradores de resíduos fazem uma separação prévia e armazenam os resíduos de forma que propicie a coleta seletiva. Esse tipo de sistema é comum em cidades e municípios que possuem planejamento urbano e política municipal de resíduos sólidos.

O Agostinho Fernando, (2013) reforça a ideia de classificação do sistema de colecta dividindo este em:

- Colecta regular- executada por processo convencional ou alternativo, com periodicidade definida, atingindo o maior universo possível, domicílio por domicílio.
- Colecta Especial executada para atender os casos de RSU especiais como o serviço de saúde.
- Colecta Extraordinária- executada esporadicamente, critérios do órgão público de limpeza urbana como o conselho Municipal da Beira
- Colecta seletiva, executada para a remoção distinta dos RSU recicláveis, que pode ser de porta a porta ou espontânea.

Atendendo e considerando as classificações apresentadas, claramente pode-se afirmar que cidade da Beira apresenta o sistema de colecta e transporte misto, pois os camiões recolectores, os portacontentores assim como os compactadores apenas transportam RSU armazenam sem nenhuma separação.

### 1.5. Processos de Separação de RSU

Para BÖTTKER et al.,(2011) uma vez recolhidos os resíduos sólidos, estes precisam ser separados, por tipos, tamanho, composição granulométrica ou química e propriedades físicas, entre outras. Tendo em conta isso se podem empregar diferentes métodos como (enriquecimento):

- **Tamizado (Peneiramento)** - consiste na classificação dos resíduos sólidos em função do tamanho através de peneiras rotativas ou vibratórias em plano inclinado.
- **Separação gravimétrica** - efetua-se em função da diferença de massa entre os subprodutos utilizando-se esteiras oscilatórias inclinadas, separadores balísticos ou por ricochete.
- **Separação magnética** - consiste na separação do material ferroso existente no lixo através de extrator eletromagnético ou tambor (também chamado polia) magnético.



Este tipo de separação apresenta vantagens de não consumir energia elétrica, não requerem manutenção, pois não têm bobinas, cabos, painéis de alimentação, sensores, e não sofrer alterações e por isso a força magnética é constante em função do tempo; ter a garantia de magnetização de 20 anos, podendo ainda trabalhar em qualquer tipo de ambiente;

Ainda Coutinho, (2013) aumenta outros processos de separação que podem ser:

- **Catação** - resíduos Sólidos de aspectos diferentes são separados manualmente. Este é o processo mais eficaz e economicamente mais baixo pois como equipamento precisarias-se apenas de luvas, botas, chapéus, uniforme.
- **Electrostático**- é um processo de concentração de resíduos que considera algumas propriedades como a condutividade elétrica; susceptibilidade em adquirir cargas elétricas superficiais;
- **Mesa de Concentração** –tem em conta a forma geométrica e densidade de partículas

### 1.6. Processos de trituração de de RSU

O processo de moagem é um método de redução de tamanho para promover a liberação de materiais presentes como resíduos, para ter maior superfície de contacto entre material e meio, e melhor transportação. Este faz-se por meio de ação mecânica, onde o mecanismo de fratura dos materiais é diferente em cada tipo de moinho (MORAIS, 2011 apud OSCAR, 2013). A tabela abaixo mostra principais tipos instrumentos usados para triturar os RSU

Tabela-1.1. Equipamentos para a redução de tamanhos de RSU(OSCAR, 2013)

Trituração	Função/material processado	Pre-processamento
Moinho de martelos	Redução de tamanho/todos os tipos de resíduos	Remoção de itens volumosos e contaminantes
Moinho de mangual	Redução de tamanho/todos os tipos de resíduos	Remoção de itens volumosos e contaminantes
Retalhadora de lâminas	Redução de tamanho/todos os tipos de resíduos	Remoção de itens volumosos e contaminantes
Triturador de vidro	Redução de tamanho/todos os tipos de vidros	Remoção de materiais diferentes do vidro
Picador de madeira	Redução de tamanho/todos os tipos de madeira	Remoção de itens volumosos e contaminantes

**Moinhos de Martelos** -são equipamentos empregados em moagem de minérios de média dureza; Para minérios de alta dureza, a porcentagem de sílica associada á sua composição química é o fator limitante quanto ao desgaste. São também recomendados para moagem de material cerâmico, refratário, carvão mineral ou vegetal e RSU suscetíveis à moagem. A alta resistência mecânica ao desgaste é garantida pela construção robusta da carcaça e partes de desgaste. A ampla possibilidade de controle da granulometria do produto, principalmente através da variação da rotação, abertura da grelha e tipo do martelo, permite obter produtos dentro das mais rigorosas especificações. Os moinhos de martelos podem apresentar uma infinidade de arranjos internos com relação à: montagem, tipos e número de martelos. Para cada tipo de produto emprega-se uma configuração específica do equipamento. Os martelos, são presos ao rotor por um varão tornando sua substituição simples e rápida. As velocidades periféricas dos martelos no processo de moagem variam de 55 a 61 m/s, não devendo exceder a 65 m/s. Esta velocidade é obtida através da alteração da rotação (RPM), porém isso não quer dizer que quanto maior a RPM, maior será a produção, mas sim quanto maior a rotação e o número de martelos, mais fino o produto (Piciantini, 2010, Cia, 2013)

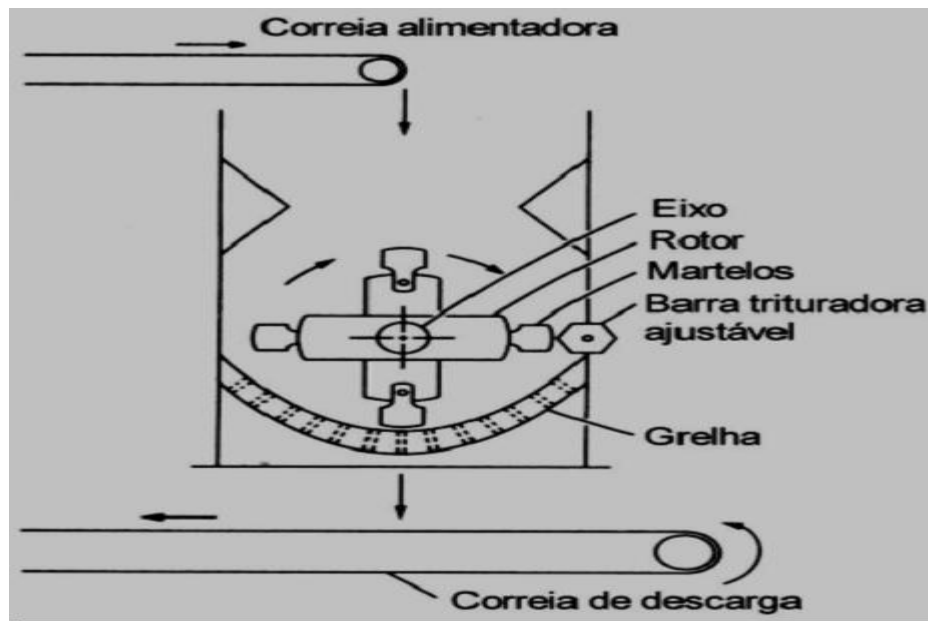


Figura 1.1- Moinho de Martelos usado para reduzir o tamanho dos RSU (GUALBERTO, 2013)

### **Britador de Mandíbula**

Britador de mandíbula é amplamente utilizado no processamento de vários materiais de mineração e construção, é apropriado para esmagar o granito, mármore, basalto, calcário, quartzo, seixos, minério de ferro, minério de cobre, etc.

### **Princípio de funcionamento**

Accionado pelo motor eléctrico, a maxila móvel está em movimento alternativo na pista pré-determinada, através da transmissão da roda de accionamento, V -cinto, e veio de accionamento do rolo excêntrico. O material esmagado é composta na cavidade de placa fixa mandíbula, placa móvel, e placa de protecção de lado, e o produto final da abertura de descarga inferior é descarregada. Esta série britador de mandíbula curva em forma adota o movimento de compressão para esmagar o material. O motor eléctrico acciona a roda da correia e a correia para ajustar a placa móvel no movimento para cima e para baixo através do veio de excêntricos. Quando sai do mordente móvel, o ângulo formado pela placa e articulada móvel vai ser mais larga, e a placa da maxila irá ser empurrada para mais perto da placa fixa. Assim, os materiais são esmagados por compressão, moagem e o atrito. Quando a placa móvel desce, o ângulo formado pela alavanca e placa móvel se tornou mais estreita. Puxado por a haste e a mola, a placa móvel se move para além da alavanca,

de modo que materiais triturados pode ser descarregada a partir do fundo da cavidade de esmagamento. motor de movimento linear impulsiona o prato móvel na moagem circular e descarregue para a produção em grandes quantidades.

### **Picadores de madeira fixos a tambor**

Os picadores PTL - são máquinas extremamente robustas, design moderno, adequado para cortar resíduos de madeira e reciclagem, vestígios de madeira em tora, fibras vegetais, cascas, copas das árvores e outros, tais materiais de absorção e tornar-se produto homogêneo de múltiplas aplicações de alta qualidade. Os tambores ou rotores dos picadores são projetados de acordo com a necessidade do cliente. Os tambores do tipo 4T, são ideais para quem quer picar madeiras roliças com baixa potência instalada gerando até 40% de economia elétrica. Os tambores de duas facas são os mais versáteis, usados para picar diversos tipos de materiais. Já os tambores em helicoidal com inúmeras facas. são usados

susp

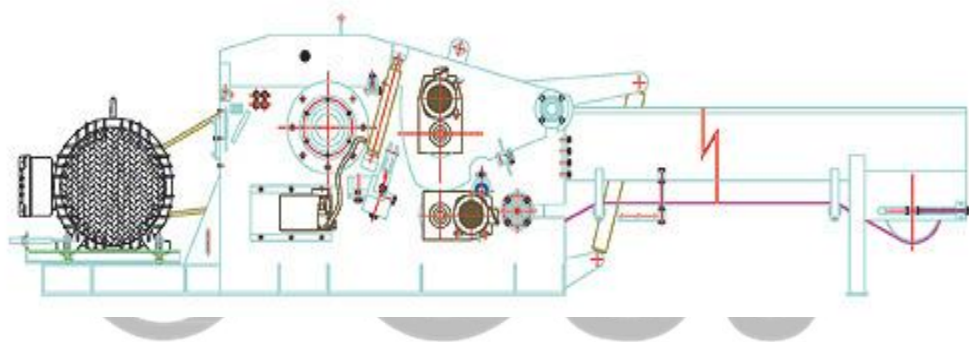


Figura 1.2. Processo esquemático de um Picador de Madeira do tipo PTL

### **1.7. Tecnologias de conversão de RSU em energia Elétrica**

Muitas são as tecnologias de aproveitamento energético existentes, mas poucas são as bem estabelecidas e em operação comercial. Apesar de serem diferentes, as várias tecnologias de conversão têm os mesmos objetivos gerais o gerenciamento dos resíduos sólidos e a geração de energia. As tecnologias de conversão são geralmente divididas em duas categorias: térmicas ( combustão, gaseificação, pirólise e Caldeiras ) e biológicas (digestão anaeróbica e compostagem) (EPRI, 2011 apud Bastos 2013), como se ilustra na Figura

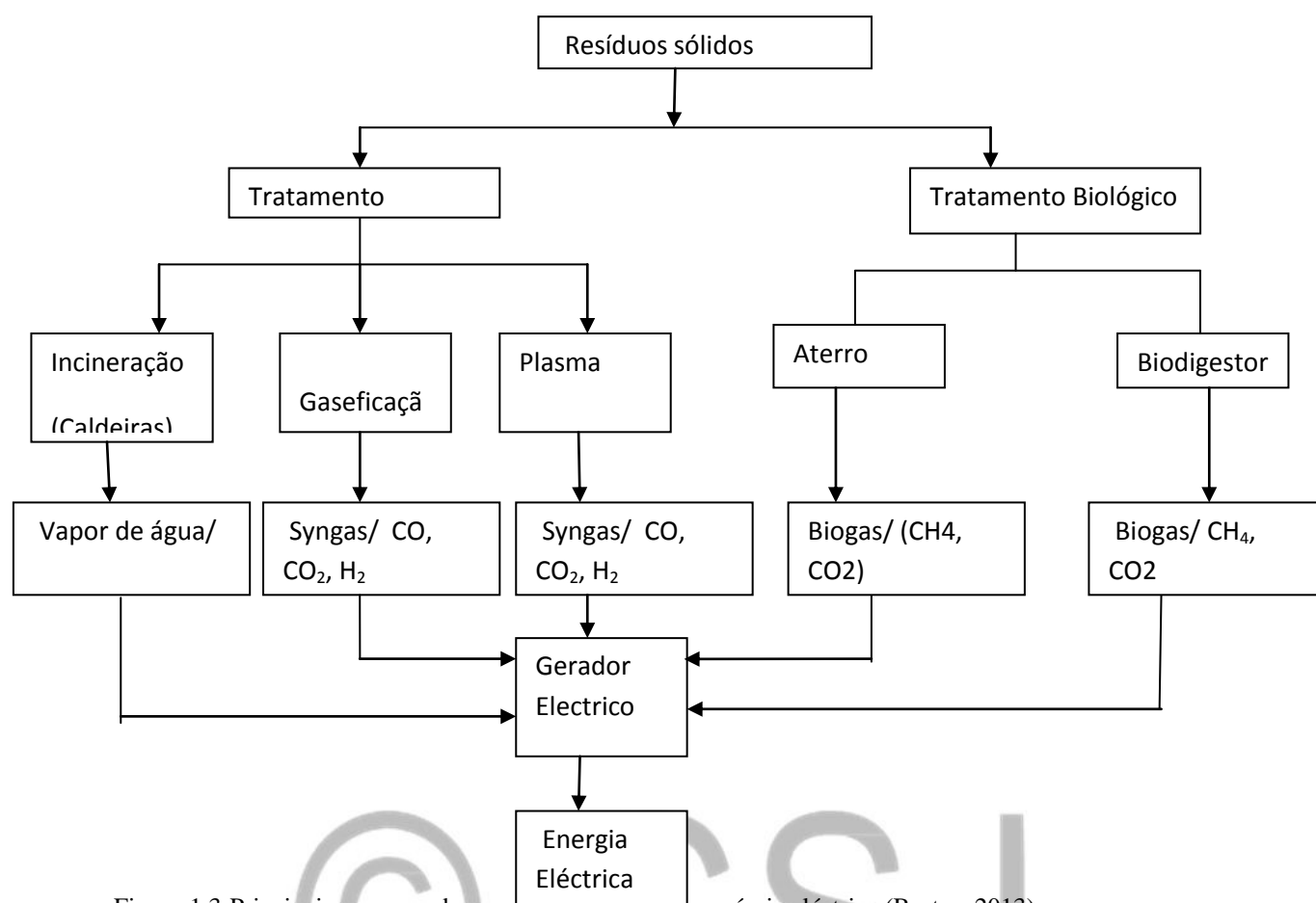


Figura-1.3-Principais processo de conversão de RSU em energia eléctrica.(Bastos, 2013)

### 1.7.1. Tratamento térmico dos RSU

Os Processos térmicos principais serão discutidas a seguir com ênfase na conversão de RSU em gás de síntese e uma avaliação de cada processo com uma técnica completa e análise económica.

#### Gaseificação

Gaseificação para tratamento do RSU, compreende o aquecimento dos resíduos sólidos urbanos a temperaturas acima de 700°C, em um ambiente com quantidade reduzida de oxigênio, que permita a oxidação parcial do insumo, mas que impeça sua combustão (EPRI, 2011). A gaseificação do lixo produz gás de síntese (synthesis gas ou syngas), que é constituído de uma mistura de gás hidrogênio (H2) e monóxido de carbono (CO), principalmente, e de quantidades menores de metano (CH4), vapor de água, e outros (EPRI, 2011). O principal subproduto sólido do processo é a escória vítrea, um produto quimicamente inerte que pode ser reutilizado como material agregado (EPRI, 2011).

O gás de síntese tem ampla aplicação, podendo ser utilizado para produção de energia elétrica, calor, combustíveis de alta qualidade (e.g., diesel, gasolina e hidrogênio líquidos) ou produtos químicos (Arena, 2012; Stantec, 2011; CH2MHILL, 2009). A gaseificação é um processo antigo, tendo sido utilizado há 200 anos na produção de gás para iluminação de ruas e para cozimento de alimentos. Sua utilização para tratamento de resíduos sólidos urbanos, no entanto, é recente, e começou após a década de 1980 nos Estados Unidos, Europa e Japão (CHEMHILL, 2009). As unidades iniciais tiveram problemas operacionais devido à heterogeneidade do insumo e muitas foram fechadas por motivos técnicos e econômicos. A gaseificação só voltou a ser cogitada para o tratamento de RSU após seu sucesso com o carvão e com o coque de petróleo, e como consequência da necessidade de se reduzir o volume de lixo enviado a aterros (CHEMHILL, 2009). A tabela abaixo apresentam a utilização destes processo em alguns Países do Mundo. Veja o Anexo-I.

### **Princípio de Funcionamento de um Gaseificador de RSU**

A gaseificação funciona de modo a volatilizar e oxidar parcialmente os insumos carbônicos para geração de gás de síntese, que poderá, em seguida, ser utilizado para produção de calor e/ou eletricidade, de combustíveis líquidos (pelo processo Fischer - Tropsch, por exemplo) ou gasosos, ou de produtos químicos. Os resíduos sólidos urbanos enviados ao processo passam por pré-processamento (e.g., seleção, trituração, secagem) e também são pré-aquecidos antes de entrarem no gaseificador, objetivando a homogeneização do insumo, a redução de seu conteúdo úmido e sua secagem. A tecnologia requer fonte direta de calor (CHEMHILL, 2009) para dar início ao processo, e não queima diretamente o insumo, mas o aquece, para que gasifique.

Dentro do gaseificador, acrescenta-se oxigênio, que, junto ao calor inicial injetado, oxidará parcialmente uma porção do insumo, formando CO<sub>2</sub> e liberando calor, e fará com que temperaturas de até 2000°C sejam alcançadas (CHEMHILL, 2009; e Stantec, 2011). As altas temperaturas obtidas fazem com que o material orgânico dos resíduos sólidos seja dissociado em gás de síntese, que é processado, em seguida, para que se remova vapor de água e contaminantes, de modo a condicioná-lo ao uso em produção de energia e químicos (Stantec, 2011). A Figura-1.1, ilustra o processo da gaseificação de resíduos sólidos urbanos. Ressalta-se que, diferente da combustão, a quantidade de oxigênio é

escassa, havendo somente o suficiente para que o processo da gaseificação do insumo ocorra, oxidando-o parcialmente. No caso da tecnologia de combustão, há um excesso de oxigênio (comburente).

Na gaseificação, ao se utilizar o ar, no lugar do oxigênio, o poder calorífico do gás de síntese (syngas) produzido será reduzido, devido à presença de nitrogênio no ar, que diluirá o syngas (CHEMHILL, 2009).

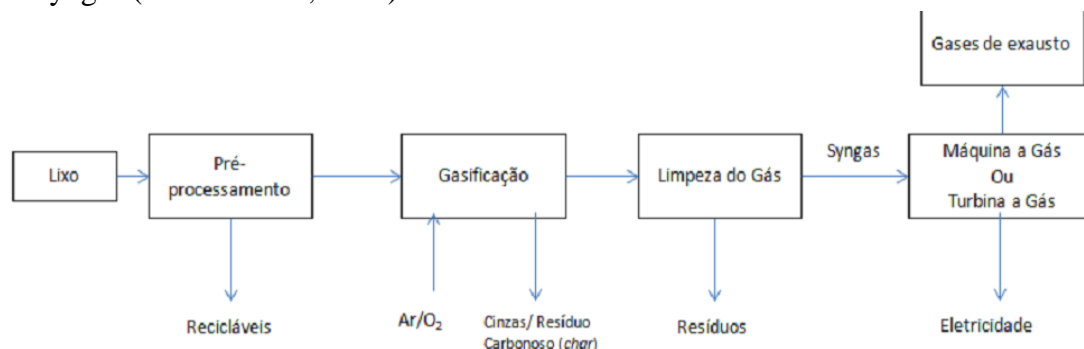


Fig. 1.4. Esquema de um gaseificador típico (CHEMHILL, 2009)

### Tipos de Gaseificadores

Segundo centro Nacional de referência do Brasil, (2002) e BASTOS, (2013), existem três tipos de gaseificadores a citar: Gaseificadores de arrastos (*entrained flow*), Gaseificador de leito fixo (*Fixed bed*), gaseificador fluidizados (fluid Bed).

**a) Gaseificadores de Leito Fixo:** operam a temperaturas relativamente baixas, e têm longo tempo de residência; são bons para insumos que reagem lentamente. Estes gaseificadores representam a maioria dos gaseificadores em operação ou construção no mundo. Segundo MANIATIS (2001), 77,5 % dos projetos de gaseificadores são do tipo de leito fixo, 20 % são do tipo fluidizado ou circulante e 2,5 % de outros tipos. Esses tipos de gaseificadores são mais indicados para gaseificadores de pequeno porte. Dentre os gaseificadores de leito fixo, pode-se destacar dois grandes subgrupos: os de circulação de gases co-corrente (“*downdraft*”) e contracorrente (“*updraft*”). Apesar da diferenciação entre os gaseificadores co-corrente e contracorrente parecer trivial, na realidade são processos muito diferenciados.

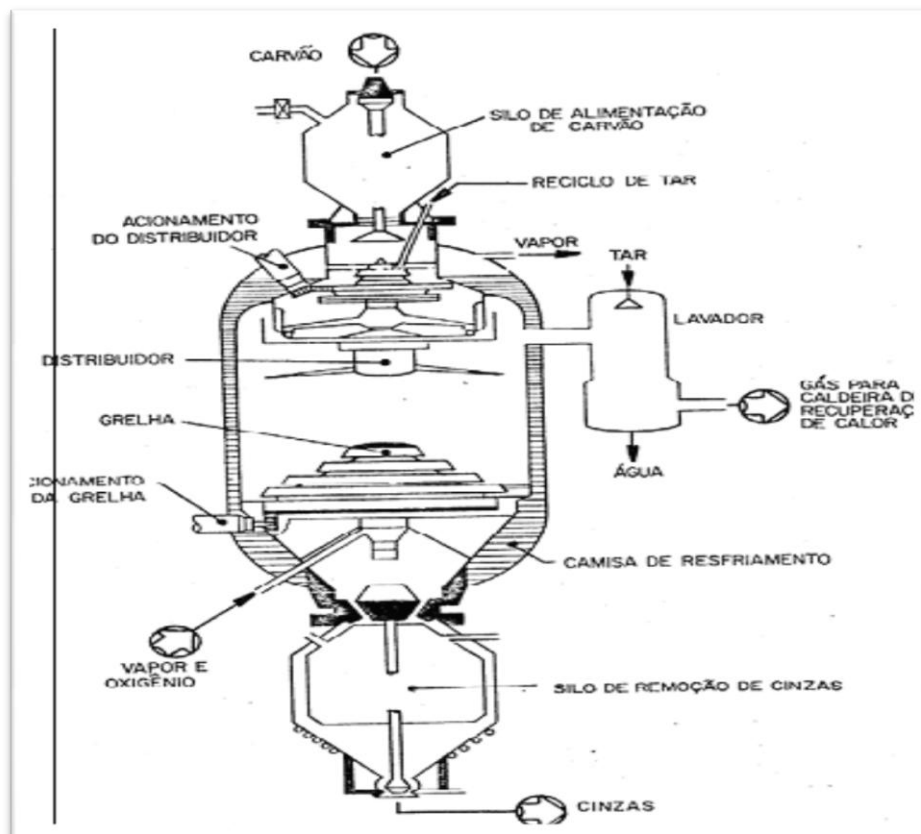


Fig.1-5.Gaseificador tipo Fluido leito fixo- contracorrente presurizado de Lurgi ( Gualberto,2002)

**O gaseificador contracorrente** (com queima de carvão) é o de projeto mais antigo e simples e ainda é largamente utilizado para a gaseificação de carvão mineral e, em menor escala, para gaseificação de biomassa. No Brasil e USA, algumas empresas de produção de CaO (cal) ainda empregam este tipo de gaseificador, gaseificando toras de madeira, para gerar gás combustível alimentado aos fornos de calcinação.

O gaseificador -Contracorrente se refere ao fato do combustível ser alimentado pelo topo (através de uma válvula rotativa ou porta de alimentação) e desce em contracorrente ao ar ou oxigênio (também misturado com vapor d'água ou CO<sub>2</sub>), introduzido pela grelha, localizada na base do gaseificador.

**Gaseificador Co-corrente-** O gaseificador co-corrente (queima de alcatrão) se assemelha construtivamente ao gaseificador contracorrente, exceto que o ar e o gás fluem para baixo, na mesma direção que o combustível. Esta mudança de sentido faz toda a diferença para um combustível com teor elevado de matéria volátil como a biomassa. Neste tipo de gaseificador, o ar injetado no gaseificador, pode queimar até 99,9 % do alcatrão liberado pelo combustível (daí a denominação queima de alcatrão).



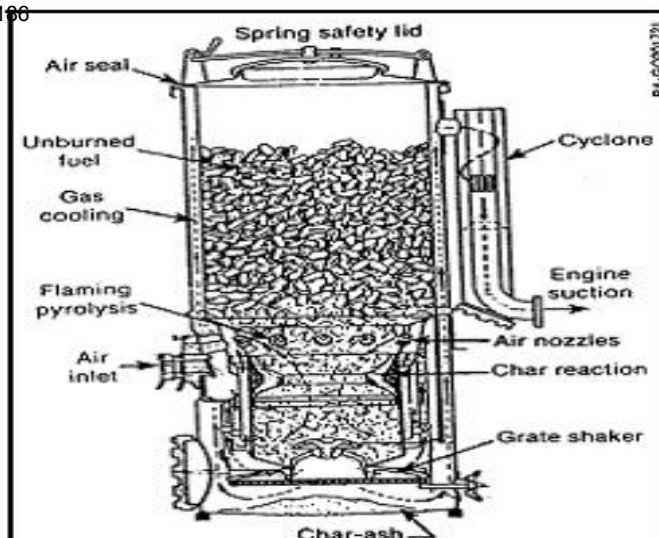


Figura-1.6. Gaseficador leito fixo- co-corente tipo lambert.(GUALBERTO, 2002)

**b)Gaseificadores de Leito Fluido:** operam a baixas temperaturas e pressão; são utilizados para melhorar a turbulência no reator, ajudando no desempenho da completa gaseificação de insumos de baixa qualidade e reatividade. Estes gaseificadores geralmente utilizam ar ao invés de oxigênio.

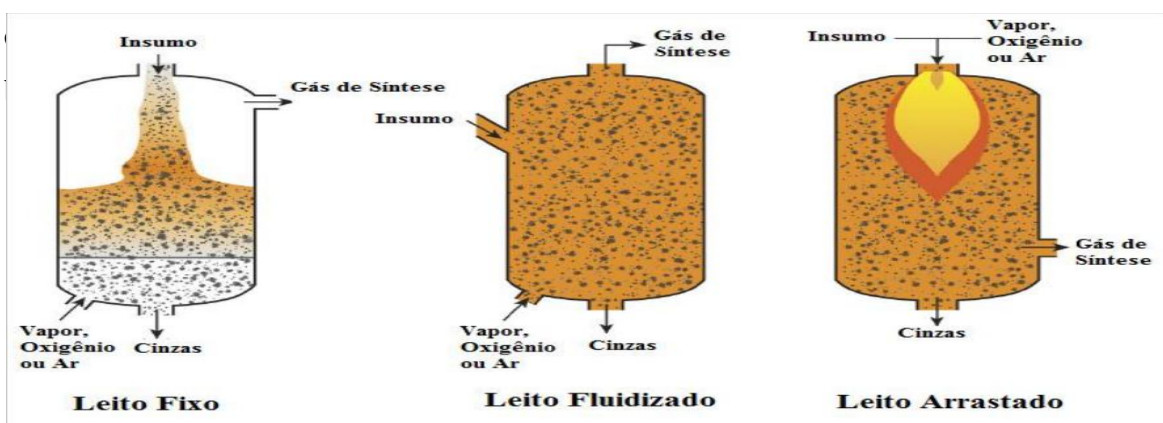


Fig. 1.7.Esquema básico dos três tipos de Gaseficadores( CHEMIHILL, 2009)

Tabela-1.3. Análise comparativa das vantagens e desvantagens dos diversos tipos gaseificadores de RSU

	Vantagens	desvantagens
Gaseficadores de RSU	Reduz volume dos sólidos em até 90%	Tecnologia não estabelecida comercialmente
	Recupera energia do lixo, produzindo combustível gasoso que pode ser utilizado para produção de energia, químicos e combustíveis líquidos	Remoção de materiais inertes é essencial para o desempenho do processo (necessidade de seleção e pré-tratamento)
	A manipulação de gases é	Altos custos e riscos

	mais fácil do que a de combustíveis sólidos (e.g., para transporte).	
	Sistemas de limpeza de gases são menores e mais baratos para a gaseificação	Manutenção regular requerida pelo sistema de limpeza.
	Menor geração de gases poluentes.	
	Redução de gases do efeito estufa associados à decomposição de resíduos em aterros (que produziram metano)	

Fonte( Bastos, 2013)

### **Recuperação de Energia e Eficiência Energética nos Diversos tipos de Gaseificadores**

A recuperação energética dos resíduos sólidos urbanos, a partir da Tecnologia de Gaseificação, se dará através do uso do gás de síntese, que, depois de tratado, poderá ser utilizado para a produção de energia elétrica ou de químicos como se descrevem abaixo os diversos tipos de gaseificação.

**Plasma arc Gasefication-** segundo Young (2010), este é um processo de pirólise a alta temperatura em que os compostos orgânicos de RSU e outros materiais inorgânicos são convertidos em gás de síntese e uma escória vitrificada. O gás de síntese é esta composto de CO e H<sub>2</sub>. A alta temperatura durante o processo é criado por um arco eléctrico num maçarico pelo qual o gás é convertido num plasma. O processo contendo um reactor com um maçarico de plasma de processamento de produtos orgânicos resíduos sólidos (materiais à base de carbono) é chamado Plasma Arc Gasefication. O plasma reactor de gaseificação é operado tipicamente entre 7200° e 12600°F. Processo esquemático de um processo está representado na Fig-1.8 abaixo.

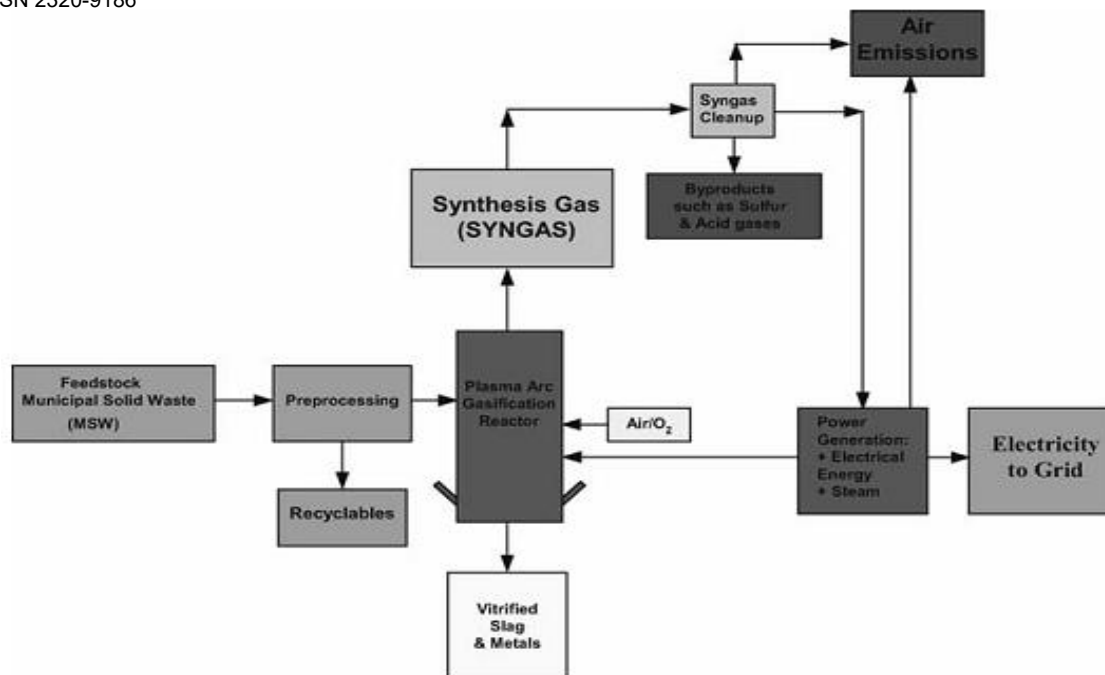


Fig-1.8. Processo esquemático- RSU em Electricidade usando Plasma Arc Gasefication (YOUNG, 2010)

Na prática comercial, o processo, mostrado na Fig. 2 é operado com uma injeção de um material carbonoso tal como carvão ou coque num reactor de gaseificação de arco de plasma. Este material reage rapidamente com oxigênio para produzir calor para as reacções de pirólise em um ambiente carente de oxigênio. A equação (1.1) mostra os materiais carbonosos como O carbono C que reage com o  $O_2$  para produzir a combustão limitada, mas com o calor necessário para as reacções de gás de síntese (syngas) (Eqs. (1,2-1,5 e 1,6)). Além, o vapor é adicionado ao reactor de gaseificação de arco de plasma para promover reacções de syngas. As reacções de combustão (reacções exotérmicas) fornecem calor com um calor adicional das tochas de PAG para as reacções de pirólise (reacções endotérmicas), produzindo uma temperatura tipicamente entre (7200 e 12600 F).

Os minerais inorgânicos dos resíduos sólidos urbanos (RSU) produzem uma rocha como subproduto. dado que as condições operacionais são muito altas (7,200-12,600F), estes minerais são convertidos em escória vitrificada compreendendo tipicamente metais e sílica vitrificadas. Esta escória vitrificada é basicamente não lixiviada. Os Metais podem ser recuperado a partir de a escória e a escória pode ser utilizado para produzir outros subprodutos, tais como lâ de rocha, andar telhas, telhas de telhado, isolamento, e blocos paisagísticos, para mencionar alguns. o vitrificadas escória, sendo ambientalmente aceitável como um sub-produto reciclável, é um dos mais atributos positivos do processo de gaseificação a plasma para a gestão de resíduos sólidos urbanos.

Outro atributo positivo do processo de gaseificação a plasma é que os desenvolvimentos no projeto de reator de gaseificação a plasma têm melhorado e diminuí a necessidade de pré-tratamento / pré-processamento.

### Incineração( Caldeiras)

Incineração é um processo de combustão que utiliza um excesso de oxigênio e/ou ar para queimar a RSU. O processo opera com um excesso de oxigênio e é, portanto, um processo de combustão (Gary C. Young, 2010), como ilustrado na Fig-2. É importante salientar que não é um processo de pirólise. A Matéria-prima como RSU é pré-processado para remover materiais recicláveis valiosos e o remanescente é alimentado para o leito fluido, a caldeira com temperaturas de funcionamento entre 1.000 e 2.200 F. Com o vapor de alta pressão produzido na caldeira de leito fluido é enviado para a central elétrica para geração de energia. gases de escape quentes da caldeira de leito fluidizado são enviados para a limpeza do gás e de recuperação de calor enviado para a usina para geração de

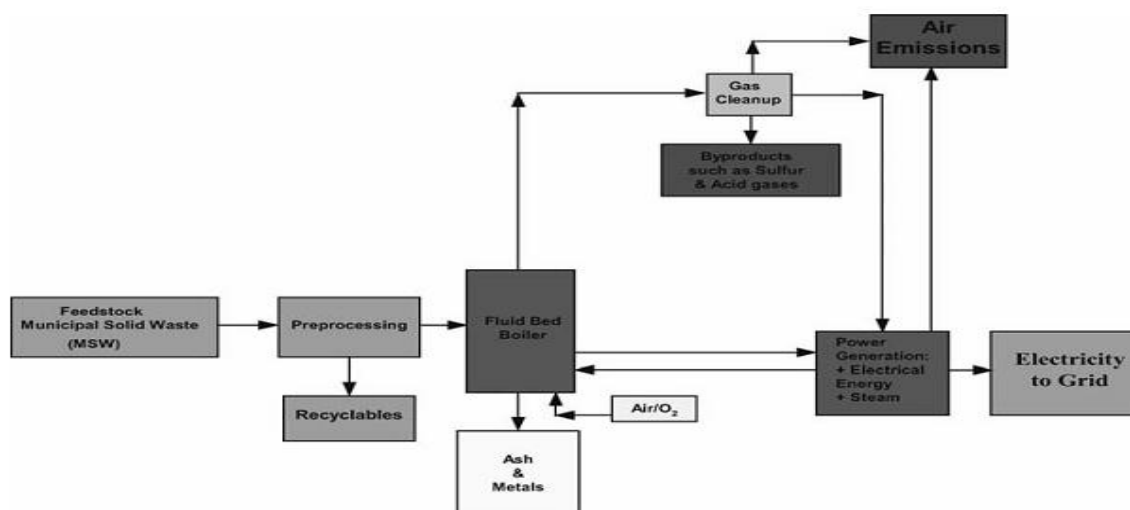


Fig-3. Processo esquemático- RSU em Electricidade usando Plasma Arc Gasefication (Young, 2010)

A usina produz eletricidade usando turbinas a vapor e o excesso da energia elétrica é vendida para a rede. Os maiores inconvenientes da incineração são os aspectos ambientais da processo é a produção cinzas na grelha da caldeira de leito fluidizado. Esta cinza é normalmente enviado para um aterro para eliminação.

### Gaseificação convencional

É um processo térmico, que converte materiais carbonáceos, tais como resíduos sólidos urbanos, em gás de síntese, utilizando uma quantidade limitada de ar ou oxigênio. (Mayra de Sousa, 2014).As condições de gaseificação convencionais são, por vezes, entre 1450 e

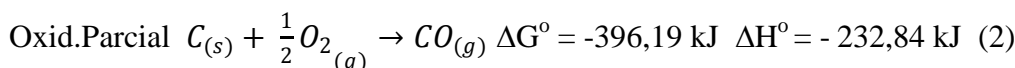
3.000 °F. O vapor é injectado para dentro do reactor de gaseificação convencional para promover CO e produção de H<sub>2</sub>.

As principais reacções envolvidas durante o processo de gaseificação são listadas a seguir. Os dados da energia padrão de Gibbs e entalpia padrão foram calculados a 1100 °C.

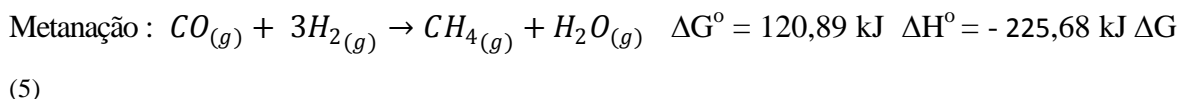
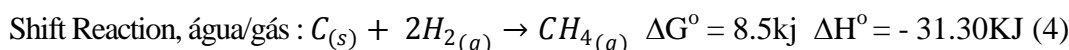
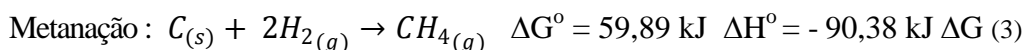
Reacções Exotérmicas.



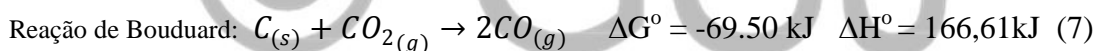
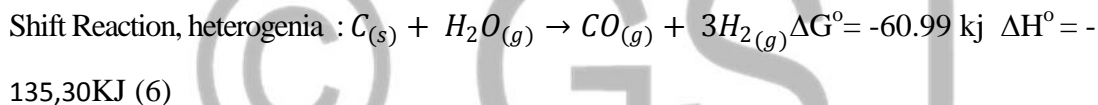
( reacções rápidas)



( reacções rápidas)

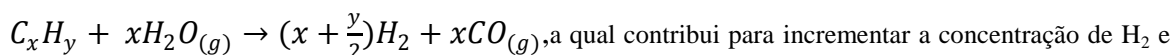


Reacções Endotérmicas.



( reacção mais lenta que a de Oxidação.)

Reacção (6) representa a reacção de reforma de carbono:



A reforma de carbono a seco também ocorre durante o processo de gaseificação e pode ser representada pela seguinte reacção:  $C_xH_y + xCO_{2(g)} \rightarrow (\frac{y}{2})H_2 + 2xCO_{(g)}$

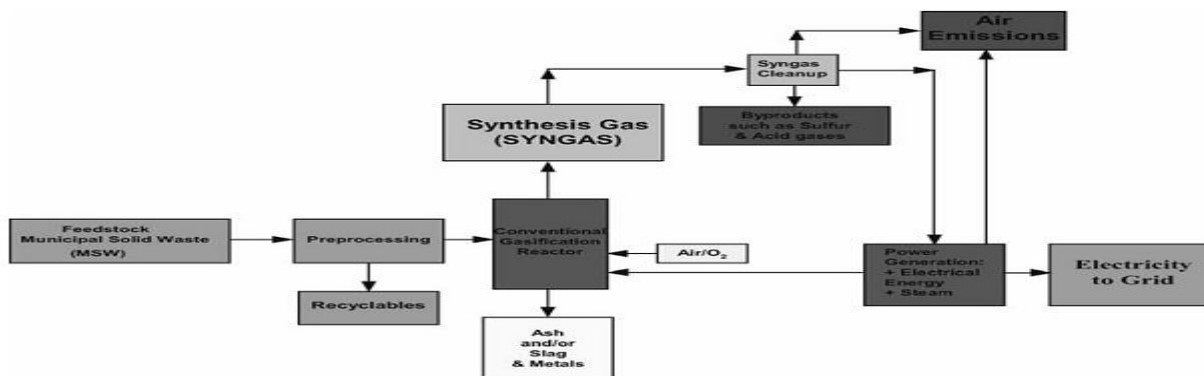


Fig-1.9.Processo esquemático- RSU em Electricidade Gaseificação Convencional( Young, 2010)

Assim, CO, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e são os componentes básicos do processo de gaseificação produzindo a mistura gasosa. Destes componentes, a mistura gasosa compreende predominantemente de CO e H<sub>2</sub>. A equação (1.1) mostra o carbonáceo componentes do RSU como o carbono (C) que reage com o oxigénio (O<sub>2</sub>) para produzir a combustão limitada, mas com o calor necessário para as reacções de gás de síntese (Eqs. (1,2-1,5 e 1,6) A Figura -3 ilustra um processo típico de gaseificação convencional,

Uma quantidade controlada de ar / oxigénio é introduzida no reactor de gaseificação convencional em que alguns material de alimentação reage, isto é, ha combustão com o oxigénio. reacções de combustão (reacções exotérmicas) são controlados de modo a fornecer suficiente calor para as reacções predominantemente syngas (reacções endotérmicas), obtendo-se um temperatura tipicamente entre 1450 e 3,000°F. O gás de síntese em bruto sai do reactor e é limpo de material particulado carry-over do reator, enxofre, cloretos gases ácidos (tais como ácido clorídrico), e traços de metais tais como o mercúrio. syngas é enviado para a unidade de geração de energia para a produção de energia, tal como vapor e energia eléctrica, para utilização no processo de energia e de exportação. A energia de exportação é convertida em electricidade e fornecido / vendida à rede. O fundo do reactor de gaseificação convencional são a cinza e / ou escória e metais, dependendo da temperatura do reactor de gaseificação convencional. No entanto, a cinza e escória a partir do fundo do reactor é geralmente descartado nas um aterro, que é uma das principais deficiências ambientais, quando utilizado para gestão de RSU.

### **Pirólise/ Gasificação**

A pirólise / gaseificação é uma variação do processo de pirólise. um outro reactor está adicionada pela qual qualquer CHAR ou pirólise líquidos de carbono produzido a partir da inicial etapa de pirólise estão mais gaseificador em um reator de acoplamento fechado, que pode usar o ar, oxigénio, e / ou vapor para estas reacções de gaseificação.(Gary. C. Young) Como mostrado na Fig. 4, uma quantidade controlada de ar / oxigénio é introduzida no reactor de pirólise / gaseificação em que alguns dos líquidos de pirólise reagem , isto é, ha a combustão com o oxigénio As reacções de combustão (reacções exotérmicas) são controlados de modo a fornecer calor suficiente para as reacções de pirólise (reacções endotérmicas), obtendo-se uma temperatura tipicamente entre 1.400 e 2.800 F. Às vezes, a pirólise / gaseificador condições são demonstrados como 750-1,650°F

para a zona de pirólise e 1,400-2,800 F para a zona de gaseificação. Além disso, o vapor é fornecido ao reactor para o produto químico reacções que produzem CO e H<sub>2</sub>.

reactor / gaseificação de pirólise opera predominantemente em um oxigênio-esfomeados em meio ambiente, uma vez que as reacções de combustão (reacções exotérmicas) rapidamente consumir o oxigênio produz calor suficiente para as reacções de pirólise (endotérmico reacções), resultando num gás de síntese de linhas que saem do reactor. O gás de síntese bruto é limpo de carry-over partículas do reactor, enxofre, cloretos de gases / ácido (tal como ácido clorídrico), e traços de metais tais como o mercúrio. Gás de síntese é usado na alimentação planta de geração para produzir energia, tal como vapor e energia eléctrica, para utilização no processo e exportar energia. A energia de exportação normalmente é convertida em eletricidade e fornecido / vendida à rede.

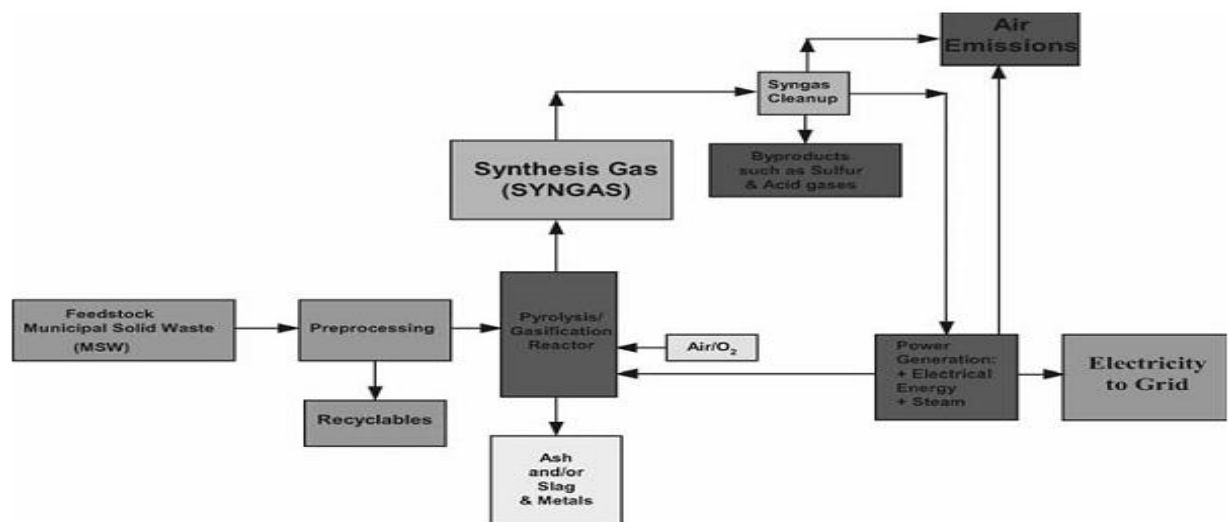


Fig-1.10.Processo esquemático- RSU em Electricidade via pirólise/Gaseificação( Young, 2010)

### **Pirólise (Pyrolysis)**

A pirólise pode ser definida segundo Gary. C yong, (2010) como a decomposição térmica de materiais à base de carbono em uma atmosfera deficiente em oxigênio usando o calor para produzir syngas sem ar ou oxigênio é apresentar e sem queima direta ocorre. O processo é endotérmica. Normalmente, a maioria dos compostos orgânicos são termicamente instável, e em altas temperaturas, as ligações químicas de moléculas orgânicas intervalo, produzindo moléculas menorestais como gases de hidrocarbonetos e gás hidrogênio. A temperaturas elevadas, o gasoso mistura produzida compreende predominantemente o termodinamicamente estável pequeno moléculas de CO e H<sub>2</sub>. Esta mistura gasosa de CO e H<sub>2</sub> é chamado "syngas".Esta última fase do processo térmico é

conhecida comogaseificação. Um processo de pirólise típico é ilustrado na Fig.5 Tal como ilustrado na Fig.5, como matéria-prima RSU pré-processado é rentável para remover materiais recicláveis. Em seguida, o material pré-processado é introduzido no reactor de pirólise, onde um fonte indirecta de calor eleva o conteúdo a uma temperatura entre 1200 e 2200 F para produzir syngas matérias gerais e um cinzas, carvão de carbono e metais a partir do reactor. Alguns relatam o processo de pirólise para ocorrer a uma temperatura do reactor entre 750 e 1,650F. O processo de pirólise ocorre em um átomo de oxigénio deficiente.(Gary C. Young, 2010).

A etapa de limpeza de gás de síntese é projetado para remover partículas carry-over do reactor, de enxofre, cloretos de gases ácidos (tais como ácido clorídrico), e traços de metais tal como o mercúrio Gás de síntese é utilizado na central de geração de energia para a produção de energia, tal como vapor e electricidade, para utilização no processo de energia e de exportação. A energia de exportação é normalmente convertida em eletricidade e fornecido / vendida à rede As partes inferiores do reactor de cinzas são, char de carbono, e metais. O caracter de carbono e metais têm uso como materiais recicláveis na indústria. No entanto, a cinza do processo de pirólise é geralmente descartado num aterro, o que é uma das principais ambiental deficiências do processo de pirólise, quando utilizado para a gestão de resíduos sólidos urbanos ( Bastos, 2013)

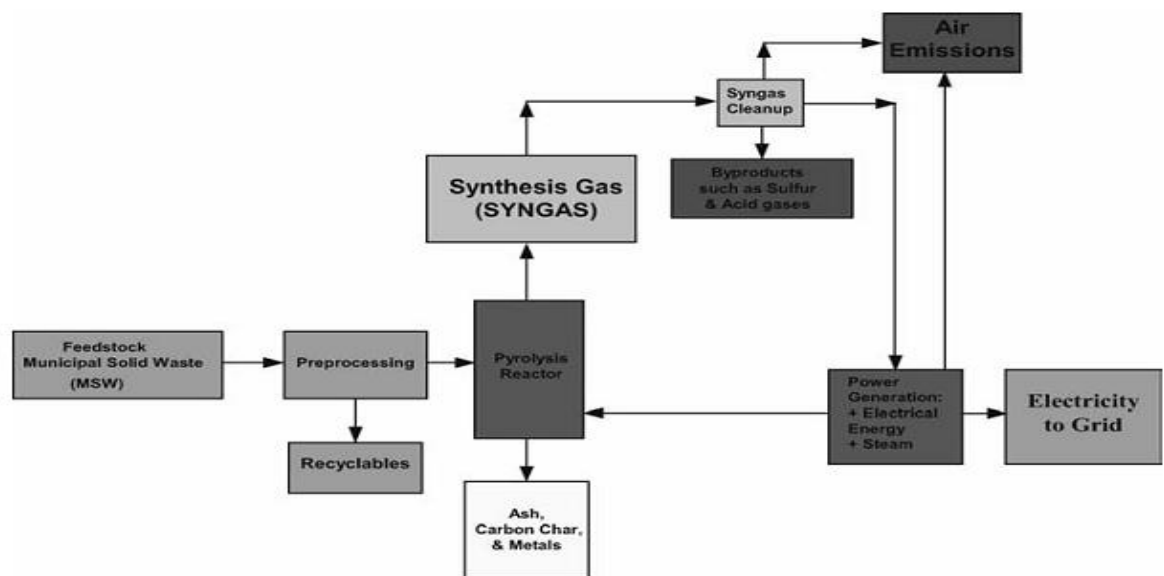


Fig-1.11.Processo esquemático- RSU em Electricidade via pirólise( young, 2010);

Conhecidos os processos térmicos de conversão de RSU, qual processo é mais eficiente ? e mais económico?, O YOUNG, (2010), compara-os usando a tabela abaixo:



Tabela 1.4- Tecnologias de processos térmicos

**TABLE 1.1 Thermal Process Technology(s)**

Thermal Process Technology/Typical Range of Process Operation:

Plasma Arc Gasification	7,200–12,600°F
Conventional gasification	1,400–2,800°F
Pyrolysis gasification	1,400–2,800°F
Pyrolysis	1,200–2,200°F
Mass burn (incineration)	1,000–2,200°F

E segundo a tabela em referência, todos os processos acontecem as temperatura elevadas , mas recodemos sempre quanto mais elevada a temperatura há conversão total dos carbonaceuos envolvidos em gases oque faz ser muito mais eficiente. Por isso é facil dizer que O plasma arc gasefication é o mais efficiente em quanto outros tem a maior parte deles a cinzas e slag. A Maior prova dos argumentos é segundo Gary C. Young , o gráfico da URS Corporation, que determina e compara os cincos processos térmicos.

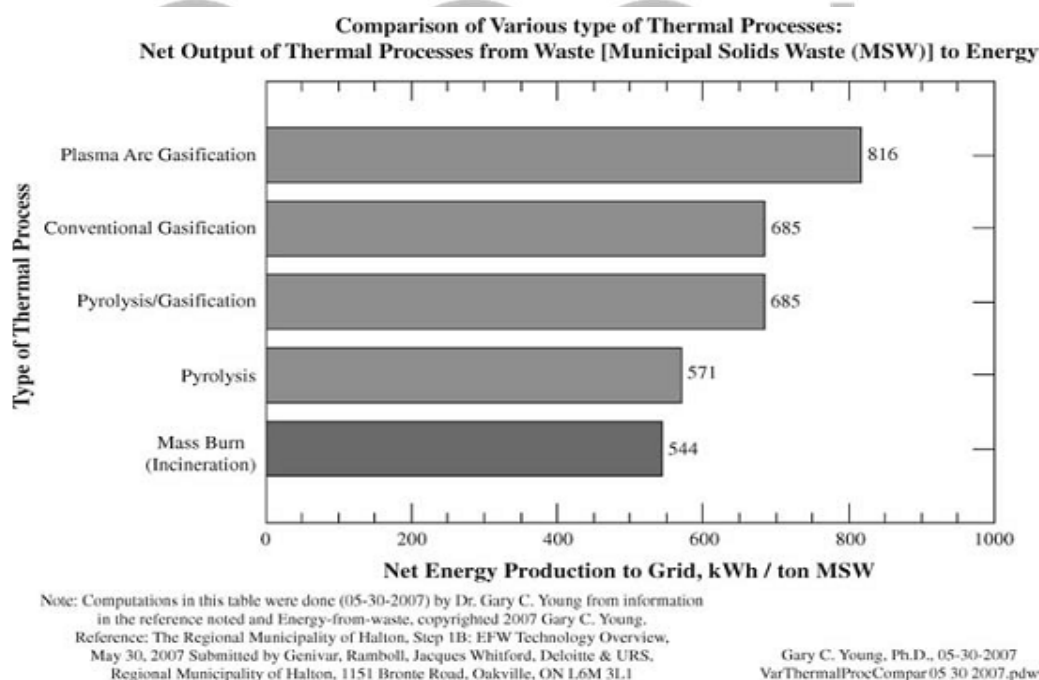


Gráfico-1.1.-Comparação dos vários tipos de processos térmicos (URS Corporation, apud Gary C. (2010)

Analisado o gráfico minunciosamente facilmente notamos que o processo produz cerca de 816kwh/ton, é o valor mais elevado de todos processos. e a comparação económica também feita pela URS Corporation, apud Gary. C (2010) obteve os seguintes resultados.

Tabela 1.5. Avaliação económica dos processos térmicos segundo Gary C. Young, (2010)

Parameter	Mass Burn (Incineration)	Pyrolysis	Pyrolysis/ Gasification	Conventional Gasification	Plasma Arc Gasification
Capital investment at 6%, 20 years	\$115,997,700	\$86,936,900	\$102,593,400	\$80,337,800	\$101,583,800
Plant capacity (tons MSW/day)	500	500	500	500	500
Energy production (kWh/ton MSW)	544	571	685	685	816
Operation and maintenance, capital budget, cost of ash disposal (\$40/ton) <sup>12</sup> (\$/year)	\$8,216,600	\$7,193,700	\$7,711,100	6,871,800	\$7,483,400
Tipping fee (\$/ton MSW) (revenue)	\$35.00	\$35.00	\$35.00	\$35.00	\$35.00
Green tags (revenue)	2 ¢/kWh	2 ¢/kWh	2 ¢/kWh	2 ¢/kWh	2 ¢/kWh
Production energy sales (revenue)	6.50 ¢/kWh	6.50 ¢/kWh	6.50 ¢/kWh	6.50 ¢/kWh	6.50 ¢/kWh
By-product	0.2	0.21	0.2	0.2	0.2
Residue (tons/ton MSW)	Ash	Ash/Char	Ash	Ash/Slag	Vitrified slag

Estes Processos são mais aplicados nos Estados unidos da America e no Japão, principalmente na Finlândia que segundo Bastos, (2013), as tecnologias de gasificação com destaque o plasma arc de gasificação resolveram o crónico problema de RSU que tiveram na década 90.

Provada a importância do processo Plasma arc de gasificação na conversão de RSU em energia, na eficiência como na parte económica, para um País como Moçambique que tem poucos recursos financeiros e atendendo e considerando a tendência internacional, que prioriza tecnologias que protegem ao meio ambiente, este processo recomenda-se.

### Sistema de Limpeza dos gases Syngas

O lavador de gás é um dispositivo empregado no controle da poluição atmosférica, na recuperação de materiais, no resfriamento e na adição de líquido ou vapor nas correntes gasosas. As partículas sólidas presentes em um fluxo de gás são coletadas através do contato direto com um líquido atomizado, geralmente a água. Os equipamentos usados no controle de emissão de partículas baseiam-se em forças eletrostáticas e inerciais para a coleta do particulado. Eles são caracterizados nos seguintes grupos Torres de spray, Lavadores de orifício ciclónicos, Venturi e de leito fibroso e Hidrociclónicos (MARTINS COSTA, 2002).

Quando se opta por trabalhar com um equipamento de controle de emissão de partículas, é importante considerar suas vantagens e desvantagens. A tabela abaixo mostra as vantagens e desvantagens de usar os lavadores de gases.

Tabela.1.6. Vantagens e desvantagens de usar lavadores de gás

Vantagens	Desvantagens.
Possibilidade de trabalhar com partículas	Alto potencial para problemas de corrosão

inflamáveis e explosivas;	
Absorção de gás e coleta de partícula em uma única unidade	O efluente líquido requer tratamento dependendo do contaminante;
Resfriamento de gases quentes	O particulado coletado pode ser contaminado e não reciclável
Variação da eficiência de coleta;	Requer proteção contra resfriamento e o gás de saída pode precisar de aquecimento para evitar foligem visível;
Neutralização de partículas e gases corrosivos;	Alto consumo de energia (altas quedas de pressão)
Materiais higroscópicos podem ser manuseados sem dificuldade	
Equipamentos de baixo custo inicial, de fáceis instalação e manutenção e de geometria simples e compacta.	

### 1.5.2. Tratamento Biológico

Neste tipo de tratamento vamos analisar com ênfase a digestão anaeróbica ou simplesmente o Biodigestor pois este é o mais eficiente e ambientalmente menos nocivos.

#### **Biodigestor**

A Digestão Anaeróbica (DA) é um processo bioquímico em que microorganismos anaeróbicos degradam matéria orgânica na ausência de oxigênio, produzindo biogás (majoritariamente constituído de metano e dióxido de carbono) e compostos que podem ser utilizados como condicionadores de solo. Este é um processo biológico que ocorre naturalmente em aterros. A tecnologia de DA, por sua vez, faz o uso de recipientes fechados (digestores), com características específicas, para otimizar e controlar a produção de biogás, através do controle do processo. ( Bastos, 2013).

A tecnologia da Digestão Anaeróbica vem sendo utilizada por décadas, e é tipicamente aplicada no tratamento de efluentes de esgoto, em unidades de tratamento, para degradação do lodo e para sua

estabilização ( Rapport et al., 2008, apud Baros, 2013). Sua aplicação inicial ocorreu nas zonas rurais, onde resíduos agropastoris eram utilizados para a produção de biogás, que seria queimado em fornos. Mais recentemente (a partir dos anos 90), sistemas de digestão anaeróbica para tratamento de resíduos sólidos urbanos, visando a produção de energia elétrica, começaram a ser desenvolvidos e implantados na Europa (Rapport et al., 2008, apud Baros, 2013). A aplicação da Digestão Anaeróbica para o tratamento de resíduos sólidos foi aumentando ao decorrer dos anos. Até 2010, na Europa, 197 plantas haviam sido construídas, sendo que 86 delas foram criadas entre 2006 e 2010 (Mattheeuws, 2012, apud Baros, 2013).

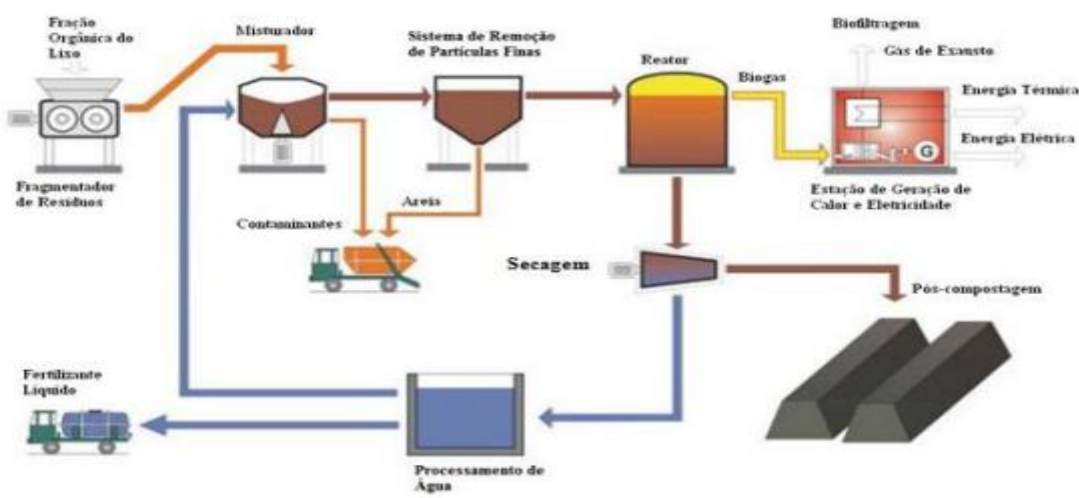


Figura-1.12- Tecnologia de Digestão Anaeróbica da empresa BTA (Processo de Estágio Simples)

Fonte: BTA International (Bastos, 2013)

### 1.5.2.2. Princípio de Funcionamento

Segundo Baros, (2013), a tecnologia de aproveitamento energético dos resíduos sólidos urbanos, com digestão Anaeróbica, é constituída, basicamente, de quatro partes:

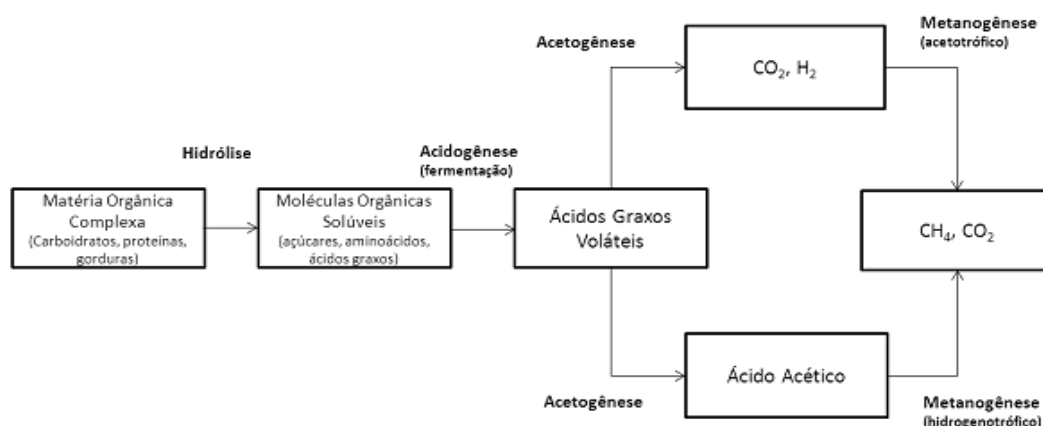
- pré-tratamento do RSU, digestão do insumo, recuperação do gás produzido, tratamento dos subprodutos sólidos do processo.

A primeira fase visa a obtenção de insumos mais homogêneos e apropriados ao digestor. Nesta etapa, separa-se os materiais não digeríveis do fluxo do RSU assegurando a remoção de itens como vidro, metais, pedras, entre outros. Além da triagem dos materiais pode-se triturar os insumos, de modo a adequá-los às características do digestor.

Dentro do digestor, a digestão anaeróbica ocorre a partir da ação de um conjunto de microorganismos anaeróbicos (Rapport et al., 2008, apud Bastos, 2013), que degradam o material

orgânico na ausência de oxigênio, produzindo dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e metano (CH<sub>4</sub>). Este processo biológico ocorre em quatro etapas, ilustradas na Figura -9, e a seguir descritas:

- Hidrólise: conversão de Polímeros, que são materiais orgânicos complexos como as proteínas, gorduras e carboidratos, em Monômeros, que compreendem substâncias como a glicose, aminoácidos e ácidos graxos de cadeia longa;
- Acidogênese: fermentação dos Monômeros para a formação de Ácidos Graxos de três a cinco carbonos (como o ácido butírico, o propanoico e o valérico);
- Acetogênese: consumo dos produtos da acidogênese por bactérias, gerando ácido acético (CH<sub>3</sub>COOH), hidrogênio (H<sub>2</sub>) e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>);



- Metanogênese: consumo de acetato (CH<sub>3</sub>COO<sup>-</sup>), do hidrogênio, e de parte do gás carbônico, por microorganismos metanogênicos, para a produção de metano (CH<sub>4</sub>).

Figura-1.13– Esquema do processo de degradação da matéria orgânica na digestão anaeróbica. Referência: (Rapport et al., 2008, apud Bastos, 2013)

Nota-se a partir da reação acetotrófica da metanogênese - o caminho mais comum para produção de metano, que os produtos seriam 50% dióxido de carbono e 50% metano; no entanto, na acetogênese (etapa anterior à metanogênese), produz-se hidrogênio (H<sub>2</sub>), e para cada quatro moles de hidrogênio, um mol de CO<sub>2</sub> é convertido em metano (Rapport et al., 2008, apud Bastos, 2013). Dependendo dos substratos das reações químicas, a quantidade de metano e de CO<sub>2</sub> mudará; mas, tipicamente, produz-se de 40% a 70% de metano, em relação ao volume do gás total produzido. Após a produção do biogás, este deverá ter suas impurezas reduzidas de acordo com a aplicação final.

A quantidade produzida de biogás dependerá de diversos fatores, como a tecnologia empregada, as condições dentro do digestor e a composição dos resíduos. Em EPE (2008, apud Bastos, 2013), indica-se que o volume de biogás produzido por tonelada de RSU é de 60 a 75 m<sup>3</sup>. Neste mesmo estudo, cita-se que a empresa Kompogas, fabricante de biodigestores, sugere o volume de 120 m<sup>3</sup>

por tonelada de RSU como o valor médio existente Em (Banks .2009, apud Bastos, 2013), no entanto, estima-se a produção de biogás por tonelada de RSU como 180.6 m<sup>3</sup>. Esses dados mostram a variabilidade da geração de biogás, que mudará de acordo com a tecnologia, o fluxo de lixo a ser tratado, o pré-tratamento empregado, etc. Na Tabela-III mostra-se a faixa de volume de gás produzido pelos digestores conhecidos no mercado internacional.

Tabela-1.7 - Produção de Biodigestor para diferentes para Volumes.

<b>Empresas fabricantes de Digestores utilizados em DA</b>	<b>Biogás produzido (m<sup>3</sup>/tonelada de insumo)</b>
BTA	80 - 120
Valorga	80 - 160
WAASA	100 - 150
DRANCO	100 - 200
Linde	100
Kompogas	130

Fonte: (Ostrem, 2004)

- Planta de biogás industrial (biodigestores segundo ou terceiro geração)
- Planta pequena capacidade (biodigestores primeiros geração).

**Considerando o Fluxo** (Borja, 2011, apud Lizandra,2014 ):

- Biodigestores fluxo descontínuo, são aqueles em que a carga material de fermentação é feita no início do processo e descarga de efluente é feita no fim do processo.
- Biodigestores de fluxo contínuo: estes são carregados e descarregados Periodicamente, o material tem de ser fluida e fermentação uniforme

**Do ponto de vista evolutivo** (Lizandra,2014)

- Biodigestores primeira geração
- Biodigestores de segunda e terceira Geração

**Os Biodisgestores da Primeira geração podem ser:**

- Biodigestor sino flutuante, Biodigestor de Cúpula fixa, Biodigestor tubular de polietileno e Biodigestor tampa flexível

Para ACPA, 2012,apud Lizandra, 2014), a figura a seguir mostra um sino flutuante biodigestor, que é ilustrado um tanque de armazenamento cilíndrica, as paredes podem ser construída de pedra, tijolo ou betão, fornecida com um sino móveis aumenta com o aumento da pressão do gás, o qual pode ser metálico, de betão, cimento de fibra ou de

plástico. Estes reatores também têm tubos substrato alimentação, descarga do efluente de resíduos e de extracção do biogás, o qual pode ser de plástico, de cimento, cerâmica e outros materiais (ACPA, 2012)



**Figura-1.14** Biodigestor de sino Flutuante,(lizandra, 2014)

A figura a seguir mostra um biodigestor de cúpula fixa que é utilizado para o armazenamento de biogás localizado ao lado do tanque armazenamento, que pode ser de betão ou pré-moldada tijolo Estes digestores têm um elevado tempo de vida, em comparação com o digestor de sino flutuante, no entanto, ter a desvantagem de exibir um alto custo ( lizandra,2014).

© GSJ



**Figura-1.15**- Biodigestor de Cúpula Fixa

Biodigestores em flutuante e cúpula capuz fixo, a biomassa está resolvida e não há o mínimo de contato com o substrato, que uma relação entre o tempo de retenção unitário celular e tempo é derivada retenção hidráulica ( $TRC / HRT = 1$ ), estas condições operando propício para a produção de biogás por  $m^3$  de Biodisgestor. não excedem  $1,5 m^3$ , Demonstrando a baixa eficiência na remoção do matéria orgânica. Estes tipos de digestores utilizados para o tratamento resíduos sólidos e estabilização do lodo.

### **Modelos de tipo tubular**

Eles são construídos com materiais tais como cloreto de polivinilo, polietileno, entre outro. Os principais componentes deste digestor são: um saco de polietileno ou polivinil loja destinada misturado com excreta água, e a instalação de certos acessórios para promover a boa operação do equipamento (válvulas de segurança, tubos e adaptadores). Estes sistemas podem ser construídos ou alongada, Eles são fáceis de instalar, mais barato e simplicidade na gestão e manutenção (ACPA, 2012, apud lizandra, 2014). As desvantagens deste tipo de digestor, Eles são: a sua baixa vida útil e facilidade sofrimento quebra ações de seres humanos, animais e condições climáticas adversas.



**Figura-1.16-** Biodigestor do tipo tubular de polietileno.(lizandra,2014)

### **Biodigestor tampa flexível**

Conforme Sanchez, et al.,(2011), apud lizandra, 2014) este tipo de biodigestor mostrado na figura a seguir, e é composto de uma estrutura hemisférica delgado de polietileno fina e um tanque armazenamento de pedra e tijolo, a instalação é muito econômico, uma vez que a estrutura de polietileno pode atingir até 10 anos de vida, se não sofrer qualquer dano por condições de manuseio ou meteorológicas inadequadas adverso.





**Figura-1.17-** Biodigestor do tipo tubular de polietileno.(lizandra,2014)

### **Biodigestores de Segunda ou terceira geração**

Estes biodigestores são utilizados para o tratamento de resíduos líquidos de elevada carga orgânica. Neles, se o tempo de retenção de sólidos for maior do que o tempo de retenção hidráulica e, portanto, o processo é mais eficiente (Sánchez et al., 2011, apud Lizandra, 2014). Estes biodigestores tem mais de 1000 m<sup>3</sup> capacidade para trabalhar temperaturas mesófilas ou termófilas. Sistemas de traços e de controlo Eles são geralmente ligado a equipamentos de cogeração fornecendo o produtos finais; calor, eletricidade e sólida de efluentes alta proteína, que pode ser utilizado como fertilizante ou colheita alimentos para animais (Lugones, 2003, apud lisandra,2014). A seguir esta ilustrado na tabela -IV lista os diferentes tipos de biodigestores de segunda geração são:

**Tabela-1.8** -Diversos tipos de Biodigestores de segunda geração.(lisandra,2014)

<b>Con crecimiento en soporte</b>	<b>Con crecimiento disperso</b>
Híbrido	Lodo activado anaerobio
Lecho fijo	UASB (digestor anaerobio con manto de lodo y flujo ascendente)
Lecho fluidizado o expandido	Circulación interna
Filtro anaerobio con carbón activado	Modificado de alta velocidad
Contacto rotatorio anaerobio	Membrana
Asociado a partículas suspendidas	Dos etapas
Inmovilización de microorganismos	Tubular inclinado

## CAPÍTULO-II- MATERIAIS METÓDOS

No presente capítulo faz-se a caracterização da área de estudos e analisa-se os principais métodos usados para a caracterização dos RSU.

### 2.1. Caraterização da área de estudo.




Beira é uma cidade de Moçambique, capital da província de Sofala. A localidade tem o estatuto de cidade desde 20 de Agosto de 1907 e do ponto de vista administrativo, é um município com um governo local eleito. Beira é a segunda maior cidade de Moçambique, logo após a capital do país é o terceiro maior porto marítimo para o transporte internacional de cargas. A cidade administrativamente está dividida em cinco distritos urbanos, cada um dos quais subdividida em unidades administrativas (bairros) nomeadamente: distrito urbano1- é constituído por: Chaimite, chipangara, esturo, Macurungo, Macuti, Matacuane, pioneiros e pontagea. Distrito urbano-2: Munhava central, Chota, Mananga, Maraza e Vaz. Distrito urbano-3: Inhamizua, alto da Manga, Chingussura, Inhaconjo, Matadouro e a vila Massane. Distrito urbano-4: Manga Mascarenhas, Muave, Mungassa e Ndunda e finalmente por Distrito urbano-5: Nhangau, Nhangoma e Tchonja. A cidade segundo o censo nacional de 2007 tem uma população de cerca de 459430 habitantes, dos quais cerca de 20% vivem na Cidade cimento e os outros 80% vivem nas áreas suburbanas O aumento da produção de RSU nesta cidade nos últimos ano tem transformado num dos principais desafios ambientais.

( Manual de INE, 2007). As tabelas 2.1 e 2.2, abaixo mostram os diversos bairros e sua classificação sócio-económicos e densidade Populacional.

Tabela -2.1 Caracterização dos bairros cimento da cidade da Beira (Nuria, 2010)		
Área	Características	Bairros/ Áreas
Renda Alta	Áreas com nível socioeconómico mais alto da cidade; grandes casas, muitas das vezes com jardins/ piscinas; densidade populacional relativamente baixa.	Macúti, Pontagea, Chaimite,
Renda Média	Mistura de casas, geminadas, prédios pequenos e altos, caracterizados por uma renda relativamente elevada.	Matacuane. Esturo

Renda Baixa	Casa de alvenarias normais de alta e média dimensão, densidade populacional relativamente elevada.		Macurungo, Pioneiros
-------------	--	--	----------------------

**Tabela- 2.2 Caracterização dos bairros suburbanos da cidade da Beira(Nuria, 2010)**

Área	Características	Bairros/ Áreas
<b>Densidade Alta</b>	Geralmente, os bairros antigos ao redor a “Cidade de Cimento”, não planeados, casas e terrenos pequenos, e densidade populacional relativamente elevada.	 Munhava central, chipangara, Maraza
Densidade Média	Áreas relativamente novas, casas e terrenos mais grandes, muitas das vezes com jardim, às vezes terrenos parcelados e densidade populacional média.	 Parte de Macurungo, parte de Matacuane, Mananga, vaz, Manga Mascarenhas, Chingussura
Densidade Baixa	Áreas mais recentes, grandes terrenos não parcelados, poucas construções, densidade populacional relativamente baixa.	 Chota, Mangassa, Nhaconjo, Ndunda, Inhamizua, alto da Manga, Mungassa, Muave

## 2.2. Caracterização do sistema de recolha e de colecta dos RSU em Bairros da cidade da Beira

Em Moçambique e particularmente no município da Beira, um dos problemas ambientais mais graves é o deficiente gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos que se caracteriza pela baixa cobertura de coleta que abrange apenas 10% do município. Falta de tratamento e destinação final adequada, pessoal qualificado e especializado, instrumentos legais relacionados com os resíduos e escassez de informações para realização de estudos e posterior planejamento das ações (Lima, 2012).

Actualmente o sistema de recolha de RSU na cidade da Beira é do tipo misto onde os RSU são coletados nos locais onde são gerados e misturados dentro um de veículo transportador para depois seguirem até uma destinação denominado Dhama, que é uma

lixreira ao céu aberto. Existem dois tipos principais de veículos transportadores, os Portaccontentores, e os compactadores.

os geradores deixam os recipientes com RSU nas bermas das estradas, em frente às suas casas, ou outros e assim os caminhões do CMB, passam a recolher uma vez por dia.

O CMB disponibiliza dois contentores de capacidade 450kg, e um carro de recolha para remoção de RSU uma vez por dia, enquanto que os camiões portaccontentores são recolhidos uma vez por semana, mas nem todos os bairros tem contentores de RSU, e também os carro de recolha não abrangem todos os bairros). O governo Municipal não tem legislado o programa de colecta e gestão de RSU.

A equipe de coleta (motorista e coletores), tem a responsabilidade pela execução de qualidade dos serviços de colecta. A cada Bairro lhe corresponde um roteiro de coleta. Em locais de densidade populacional alta, há uma maior concentração do RSU gerado por isso camiões colectores não precisam se deslocar muito para recolher grandes quantidades. A produtividade de coleta é baixa nos locais de baixa densidade populacional porque se geram poucos RSU, e portanto empregam carrinhos vulgarmente conhecidos como Baras de capacidade de 15kg. Estes tem com rodas de borracha para transporte de latões de RSU. Não existem estratégias para para a coleta do RSU em ruas que pelas suas características, impeçam a manobra ou até mesmo a entrada do caminhão coletor, nos locais de trânsito intenso.(Lima, 2012 e Fernando,2013).

### 2.3. Selecção da Amostra para caracterização dos RSU

A avaliação da quantidade e composição dos resíduos sólidos urbanos na cidade da Beira, se realiza tendo em conta a estrutura física urbana, nível socio-económico, condições actuais de colecta e densidade da população. Se estudaram seis amostras três bairros e tres escolas.

Tabela 2.3 Dados da amostra a pesquisar

Amostras	Bairros	Características		Escolas	No de Matriculados
MB-1	Pontagea	Renda alta, População-22341	ME-1	Escola secundária da Pontagea	5458
MB-2	Macurungo	Renda média, População- 22432	ME-2	Escola Primária do Macurungo	5580
MB-3	Munhava	Randa baixa,	ME-3	Escola secundaria	5670

		densidade alta, população- 32716		da Mucchatazina.	
--	--	--	--	------------------	--

Fonte: elaboração própria

A escolha do bairro da pontagea, deveu-se ao facto desta ter cerca de 98% da sua população com renda alta a diferença dos outros bairros desta rendas quais tem sua populaao misturada economicamente e tambem tem maior população que estes.(Manual de INE, 2007).

Macurungo é o bairro com uma extensa área, desenvolvimento vertiginoso na construção de vivendas, de maior densidade populacional dentro dos bairros de renda média facto que o faz ser relevante o seu estudo e assim tomamos este bairro como amostra-3 da Manga como amostra-3.3 e o somatório da população dos três bairros (Pontagea, Macurungo e Munhava) atinge mais de cinquenta por cento da população da cidade, facto que torna a nossa amostra muito bem representativa.

#### 2.4. Método de Quarteo para a classificação de RSU nos Bairros

O quarteamento dos resíduos é um processo que visa diminuir o tamanho da amostra coletada, até que esteja facilmente trabalhável. Exige homogeneização dessa amostra, sua divisão em 4 partes e descarte de umas dessas partes (vis à vis) até que se chegue ao tamanho representativo (Fernando, 2012).

Para ter a amostra analisou-se um contedores de 14m<sup>3</sup>, cheio de RSU, aplico-se o método de quartemamento até se obter uma amostras com um volume de 1m<sup>3</sup>, devido que o processo de classificacao se realizou de forma manual. O recipiente de 1m<sup>3</sup>, utilizado na investigação se ilustra no **anexo**.

#### Quarteamento manual

Os procedimentos para fazer o quarteamento manual são descritos a seguir:

- Antes de proceder com o quarteamento, as amostras devem ser homogeneizadas com auxilio de uma pá .
- Amontoar a amostra formando um cone;
- Achatar o monte e dividi-lo em 4 partes iguais, com o auxilio de uma régua
- Separar 2 partes opostas e juntar as outras duas;

- Repetir as operações descritas acima até obter a quantidade necessária a ser utilizada para as análises.

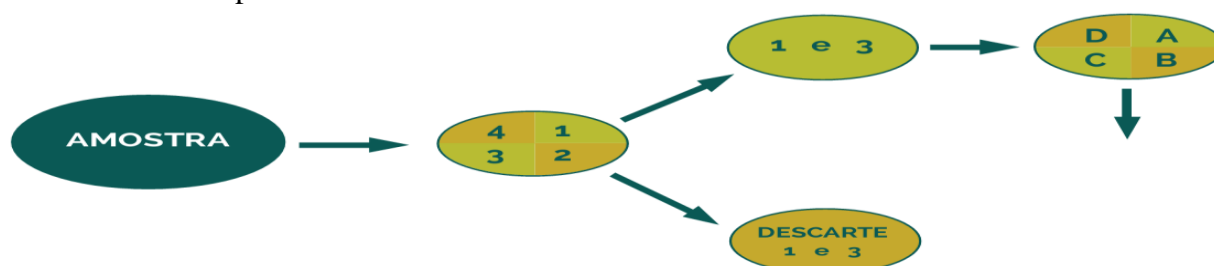


Figura-3.1- Esquema do processo de quarteamento((Fernando, 2012)

## 2.5. Método para determinar a composição gravimétrica dos RSU (%)

Esta técnica permite determinar a composição em peso percentual de cada componente de uma amostra. Nos casos dos RSU permite identificar quais os que se geram em maior percentage, tendo em conta diversos factores como factores socioeconomico, culturais. Também permite ao CMB, relacionados com a gestão de RSU, estabelecer medidas para garantir a logísticas requeridas para sua classificação, separacao e colecta.

- Obter a amostra a analisar por quarteo
- Descarregar a amostra numa área plana e pavimentada sobre uma lona resistente.
- Abrir as sacolas plásticas e separar os materiais em bacias identificadas com o tipo de material ou outro recipiente, dispor ao redor da amostra para facilitar a visualização e separação.
- Pesas cada item e anotar criteriosamente os dados obtidos em uma planilha, ter atenção em realizar TARA da balança, principalmente se tiverem recipientes de pesos e tamanhos diferentes.

### Condições materiais requeridas

- material essencial: luvas para triagem, balança de digital, recipiente para separação dos materiais (bacias, sacos, tambores), veículo para coleta do material, lona para despejar o material a ser triado, papel e caneta para anotação dos resultados; Material adicional: macacão e botas para triadores, mesa para realizar a triagem, pranchetas.

Realizar a soma do peso de todos os materiais, configurando assim peso total da amostra.

Calcular os percentuais de cada material em relação ao peso total da amostra

$$\text{Percentual de cada categoria} = \frac{\text{Peso de cada fração}}{\text{peso total da amostra}} * 100\%$$

## **2.6 Métodos Estatísticos para análises de dados**

A toma de decisões e ações requerem que se realize um correcta análise da informação que se tem. Não faze-lo traz consigo que algumas das decisões que se tomam sejam incorrectas. Para análise dos dados obtidos no processo de classificação dos RSU são aplicados as técnicas estatísticas de medidas de tendência central, Histogramas e pastel.

### **2.6.1. Histogramas**

Um histograma, também conhecido como distribuição de frequências ou diagrama das frequências, é a representação gráfica, em colunas (retângulos), de um conjunto de dados previamente tabulado e dividido em classes uniformes. A base de cada retângulo representa uma classe e a altura de cada retângulo representa a quantidade ou frequência com que o valor dessa classe ocorreu no conjunto de dados. Além de ser uma importante ferramenta da estatística, o histograma também é uma das sete ferramentas da qualidade.

Quando o volume de dados aumenta indefinidamente dentro do conjunto e o intervalo de classes tende a zero (o que torna os retângulos cada vez mais "finos" e "altos"), a distribuição de frequência passa para uma distribuição de densidade de probabilidades.

A construção de histogramas tem carácter preliminar em qualquer estudo e é um importante indicador da distribuição de dados. Eles podem indicar se uma distribuição se aproxima de uma função normal, assim como também pode indicar a mistura de populações, quando se apresentam bimodais. (Freud, 2014).

### **2.6.3 Diagrama de Pastel**

Um gráfico Pastel, também chamado de gráfico de Pastel, gráfico de pastel ou 360 graus, é um recurso estatístico que é utilizado para representar percentagens e proporções. O número de elementos comparados em um gráfico de pizza é geralmente mais do que 4. Como no gráfico de barras, a utilização de cores ou tons facilita percentagens ou proporções de diferenciação. Ao contrário de outros tipos de gráficos, circular não x ou eixo y. São utilizados nos casos em que interessado não só exibir o número de vezes que é dado um atributo característico ou em forma tabular, mas sim graficamente, de modo que possa visualizar melhor a extensão em que a característica do total que seja exibido. Apesar de sua popularidade, é um tipo de gráfico desaconselhável, porque a nossa capacidade perceptiva para estimar relações proporcionais ou diferenças entre áreas de setores circulares é muito inferior, por exemplo, entre comprimentos ou posições, como acontece em outros gráficos (Freud, 2012).

### 2.7. Cálculo da geração percapta de RSU nos três bairros estudados.

A partir dos dados diários de geração de RSU em cada Bairro e número de habitantes de cada Bairro, é realizado o cálculo da geração per capita diária dos RSU, a seguir apresenta-se a fórmula de cálculo.

$$PPr = \frac{Qr}{hb} \tag{eq.(3.1)}$$

onde:

**PPr** = produção per capta de RSU

**Qr** = Quantidade de resíduos/dia

**NB**= Número de habitantes/ bairro

A estimação do **PPr**, se fará tendo em conta a estimativa feita pela GIZ (2010), para a cidade de Maputo no período de 2009 a 2010, devido que a cidade da Beira esta no mesmo país, tem infra-estrutura industrial de bairros e económicas similares, a população tem os mesmos habitos alimentícios e de vida e a politica de salário é a mesma. No seguinte gráfico 3.1 se ilustra produção percapta de resíduos nos bairros da cidade de Maputo segundo a renda e densidade populacional.

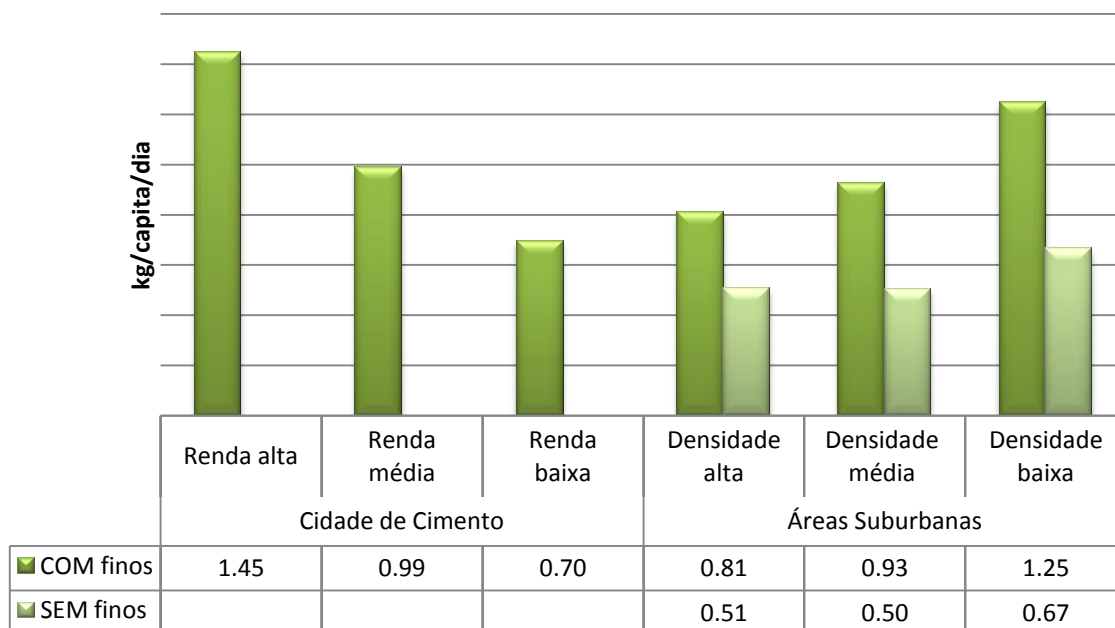


Gráfico -3.1- Produção percapta dos RSU nos bairros da cidade de Maputo( Relatório da GIZ, 2010)



### CAPÍTULO-III- RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo analisa-se os resultados composição gravimétricos das amostras no estudo, identificam-se quais dos bairros e escolas que geram mais RSU e também se propõe um procedimento para a obtenção de energia apartir destes resíduos.

#### 3.1. Estimação da geração percapta de RSU nos três bairros estudados

Conhecido a taxa de geração per capita dos RSU em cada tipo de Bairros calculou-se a quantidade de RSU gerados em cada Bairro e a total dos três bairros, como se observa na tabela 3.1 e gráfico-3-1.

Tabela 3.1-Quantidade de RSU em cada Tipo de Bairro

Amostras	Quantidade de RSU produzidos nos três bairros			
	Nível social	N° habitantes	Produção per Capta	Quantidade de RSU/Bairro(kg/per capita/dia)
MB-1	Renda alta	22276	1.45	32394.45
MB-2	Renda Media	22432	0.99	22207.68
MB-3	Renda Baixa	32367	0.7	22918.7
Total				<b>77.520.8</b>

Como se observa na tabela-3.1, os bairros de renda alta geram mais RSU devido ao maior índice de produção percapta, melhor salário e nível de vida da população. Mas os bairros de renda baixa, apesar de ter maior população geram menos RSU, devido fundamentalmente aos baixos salários. Este comportamento se ilustra no gráfico 3.1 abaixo.

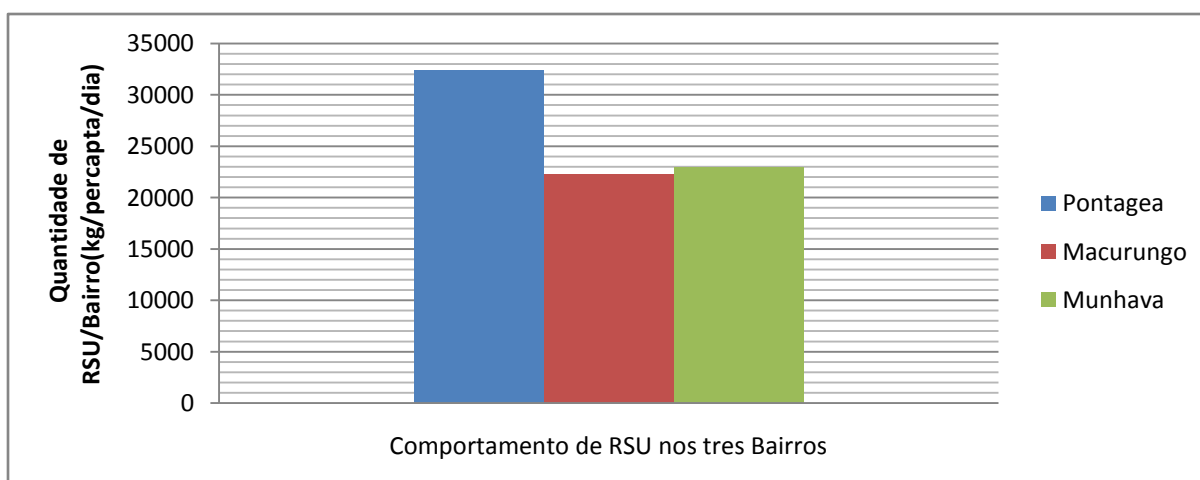


Gráfico-3.1- Quantidade de RSU nos três bairros.

### **3.2. Composição Gravimétrica dos RSU por amostra.**

Para valiação gravimétrica dos RSU nos bairros em estudo, foi necessário que uma equipa de três pessoas (estudante + dois trabalhadores) controlaram as recolhas de RSU provindo dos diferentes bairros da cidade. Amostra destes (RSU) foram recolhidos e deixados num lugar seguro (Acampamento improvisado).

A análise (quantidade e composição) foi feita por todos os membros das equipas envolvidas na pesquisa. O peso e o volume dos RSD foi registado antes de serem separados em fracções. As fracções também foram pesadas e registados.

O métodos para realizar esta composição, foi o quarteamento das amostras, inicialmente foram retiradas amostras dos RSU das rotas dos caminhões coletores / compactadores do CMB, provindos dos bairros de Pontagea, Macurungo e Munhava, em dias aleatórios, durante uma semana de cada mês, durante três meses setembro, Outubro e Novembro, sendo que esta extração foi realizada periodicamente, uma vez que podem ocorrer mudanças nos hábitos de consumo da população. veja os Anexos I,II,III.

Os RSU foram colocados sobre uma lona plástica medindo 40 metros quadrados para o quarteamento. As sub-amostras coletadas são cinco, quatro na base e laterais e uma no topo, de forma a se obter cinco metros cúbicos. Após a homogeneização, o material é quarteado vís a vís, em etapas subsequentes até a obtenção de 1 m<sup>3</sup>. Posteriormente, o material foi colocado em tambores de duzentos litros cada e triado. A seguir, os materiais selecionados são dispostos em sacos de 50 litros e separados. O estudo da composição gravimétrica de RSU nas escolas tomadas como amostras, baseou-se num estudo feito em 2015 pela associação Acção académica para o desenvolvimento das Comunidades Urbanas (ADECRU)(ver Anexo-VI). A amostragem para a caracterização mássica dos resíduos sólidos urbanos, tem as seguintes categorias: matéria orgânica( restos de alimentos, cascas de frutas, madeiras seradas,e tudo que for material organico biodegravél), plástico PP,met(polipropileno), plástico pet(recipientes plásticos provindos de frozy, fizy, agua mineral), papelão, Plástico duro( plásticos provindos de bidões de 20l, teclados de computadores, etc ), plástico filme(plástico de 2 micrometro, o plástico mais usado nos supermercados), vidro( pedaços de vidros), metal, madeira(fracção de biomassa maior que 1.5m), e outros ou lixo comum( todos materias em pequenas quantidades e fracções muito fina).

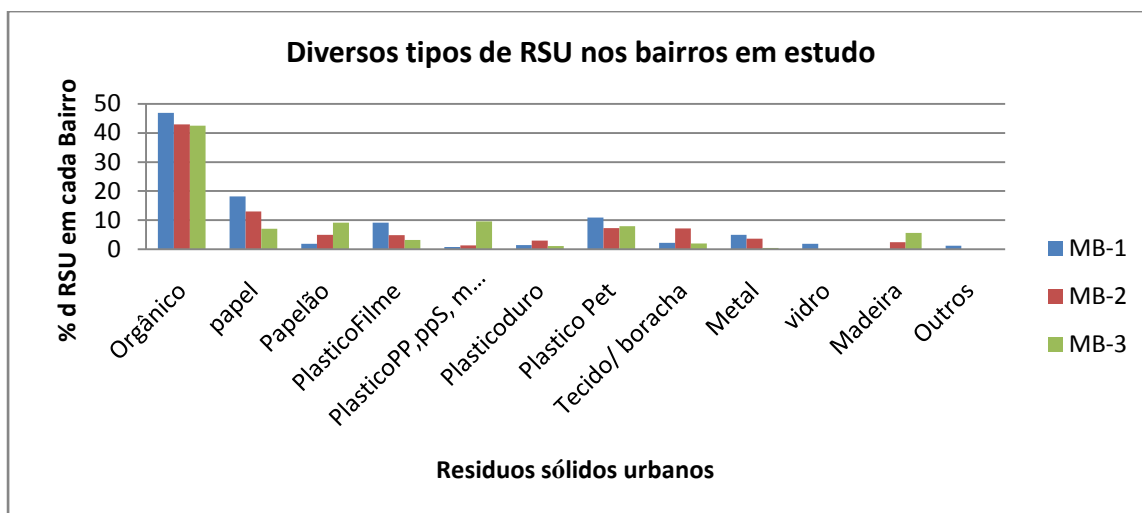


Gráfico-3.1- Comportamento de RSU nos três bairros no mês de Outubro(Fonte Própria)

Como se observa os resíduos orgânicos constituem os maiores componentes dos resíduos sólidos urbanos gerados nos três bairros, sendo similar comportamentos nos meses de Outubro e Novembro, ver Anexo-VIII e IX. Ainda se ilustra que o bairro de Pontagea produziu maior quantidade de matéria orgânica como componentes de RSU, mas em comparação com as quantidades deitadas nos outros meses de estudo foi menor, isto pode ser influenciado pela produção baixa de frutas e incremento de preços de produtos. Também se observa os componentes vidro e outros são os de menor quantia, devido que se comercializam a maioria de produtos alimentícios em envoltórios de náilon e plásticos. Existem a prática de reciclagem das garafas de refresco e cerveja pela população.

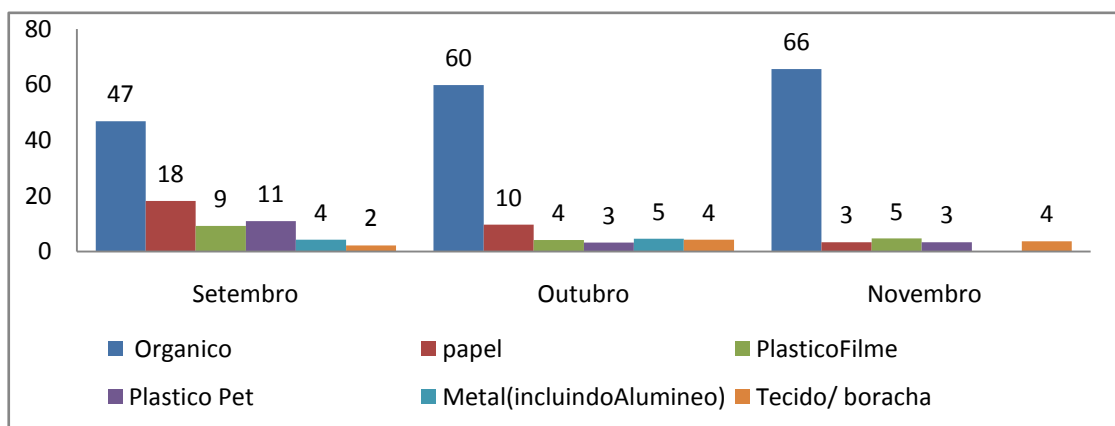


Gráfico-3.2- Comportamento de RSU no bairros da Pontagea (Fonte Própria)

Observa-se que no período estudado a componente maioritário dos RSU foi a matéria orgânica com uma composição entre 47 a 66% com tendência crescente e tendo similar comportamento com as amostras MB-2 e MB-3 (ver anexos XX, XI). Este predomínio da matéria orgânica como

componente maioritário dos RSU nas amostras estudadas permite inferir que constituem uma fonte estável de biomassa para a produção de energia a partir do seu tratamento no Biodigestor.

Os restantes componentes dos RSU, têm sua existência mas em níveis baixos, alguns deles podem ser reciclados, (metal plástico duro e plástico filme e papel) e outros utilizados na produção de energia em gasificadores e como combustíveis em caldeiras para geração de vapores.

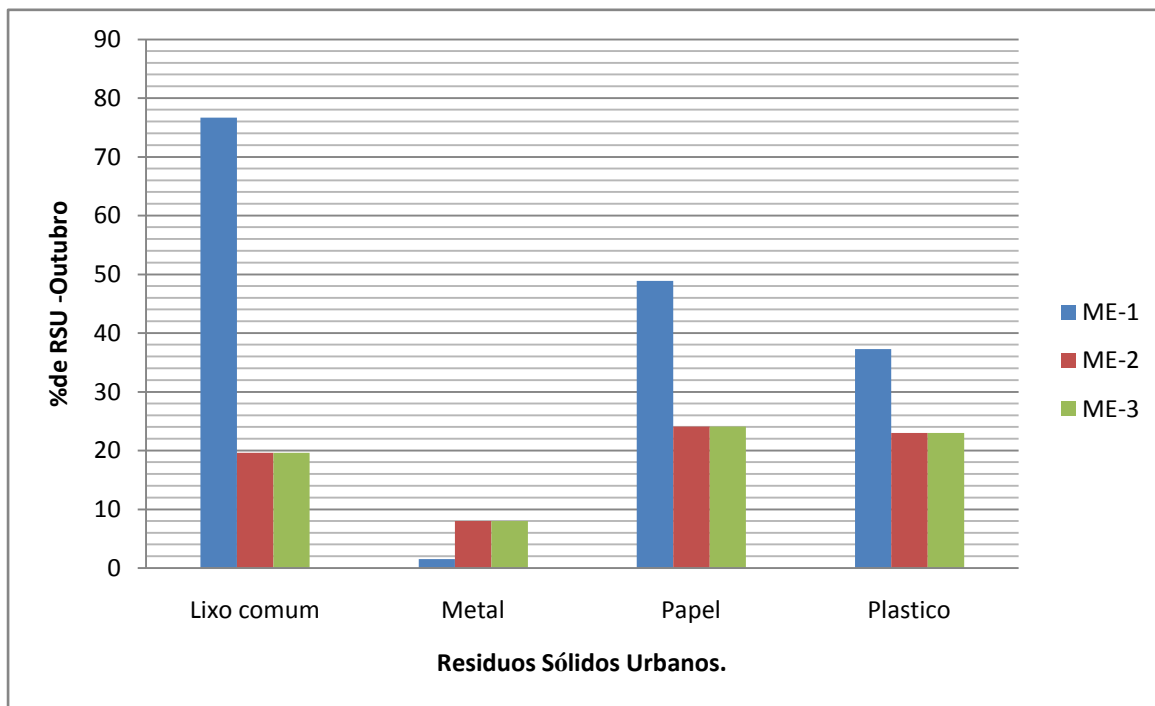


Gráfico-3.3- Comportamento de RSU nas Amostras em estudo Outubro-2015 (Fonte Própria)

Como se observa a amostra ME-1 que se localiza no bairro da Pontagea, é que mais gera RSU, o qual concorda com o comportamento da amostra MB-1, referente ao mesmo bairro. Pelo que pode-se afirmar que a população dos bairros de renda alta são os que mais geram RSU.

As escolas contitui uma fonte estável de produção de papel e plásticos como se mostra no gráfico anterior o qual previamente tratados podem ser usado em gasificadores e caldeiras para a produção de energia. As demais amostras tem o comportamento similar ao descrito anteriormente e se ilustra nos Anexo-X e XI.

### 3.3. Proposta de um procedimento para obtenção de energia partir de RSU

O procedimento se fundamenta em três etapas principais :

- ✚ **Primeira etapa:** Gestão de resíduos sólidos urbanos desde a sua origem para sua classificação, colecta, separação e reciclagem.
- ✚ **Segunda etapa:** Processo de trituração dos RSU a empregar na obtenção de energia através de Biodigestor e gaseficadores.
- ✚ **Terceira etapa:** Processo de degração anaeróbica da matéria orgânica no biodigestor.
- ✚ **Quarta etapa:** Obtenção de energia térmica em gaseficadores e caldeiras

#### **Primeira Etapa- Gestão de RSU, desde sua origem, para sua classificação, colecta, separação e reciclagem**

Nesta primeira etapa se propõe fazer as seguintes actividades:

- 1º- Elaborar uma estratégia comunicativa com objectivos de incorporar a população na pesquisa, para o qual se propõe fazer campanhas de divulgação através dos meios de comunicação como rádio, tv, jornais e revistas. Divulgando a necessidade da importância para a saúde, economia da família e do estado a classificação adequada dos RSU gerados nas casas.
- 2º- Elaborar uma estratégia educativa ambientalista que propicie o estudo nos diferentes níveis de ensino da temática referida a classificação e reciclagem dos RSU. Também promover a realização de palestras, seminários e actividades práticas que demonstrem como fazer a classificação correta dos RSU.
- 3º- Analisar se esta legislado o processo de classificação, colecta, separação e Reciclagem para utilizar como ferramenta no logro da estratégia educativa.
- 4º- Propor um sistema logístico para garantir a colecta dos RSU desde sua origem, tendo em conta a classificação feita, até o processo de tratamento. Este sistema tem que ter em conta os recursos materiais requeridos como contentores, baldes, caixas e sacos plásticos indetificados para o tipo de resíduos a colectar. Tem que definir-se o tipo de transporte, horário, zonas a operar e a frequência de transportação.
- 5º- Selecionar o equipamento para a separação de cada componente dos RSU.

### **Segunda etapa: Processo de trituração dos RSU a empregar na obtenção de energia através de Biodigestor e gaseficadores.**

Processos de trituração – para este processo propõe-se o Triturador de martelo, marca Mangual PTL, e um grau de redução granulométrica elevado e se logra um tamanho de 2mm para a matéria orgânica usada em biodigestores e 5mm para plásticos e papel usados em gaseficadores. É 10% mais caros relativamente aos outros tipos de trituradores, também tem o maior tempo de vida compreendendo entre 15 a 20 anos em condições ótimas de conservação(Brito, 2013).

### **Terceira etapa: Processo da degradação anaeróbica da matéria orgânica no biodigestor.**

Para degradação anaeróbica da matéria orgânica presente no RSU, se propõe o desenho de um biodigestor rectangular de cúpula fixa seguindo a metodologia estabelecida por Saches *et al.*,(2011) tendo em conta como critério para determinar o volume total do biogestor a quantidade de biomassa que se dispõe com o qual permitiria diminuir o impacto negativo da sua deposição ao meu ambiente. O Biodigestor a ser montado deve ter as seguintes características:

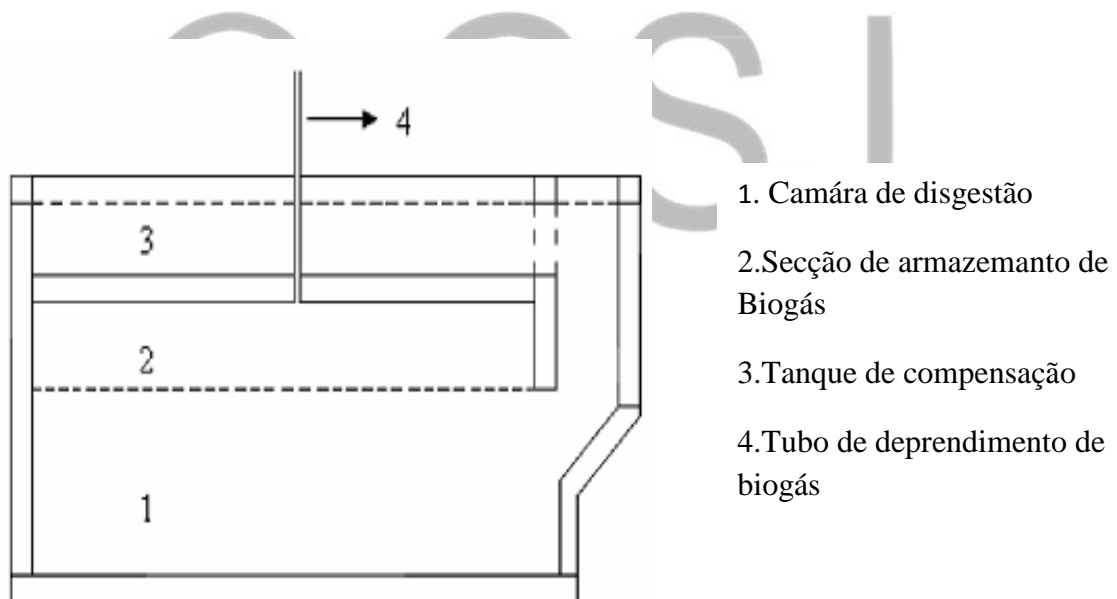


Figura 3.1- Secções de Biodigestor de cúpula fixa rectangular. Fonte (Lizandra, 2012)

Se propõe como material para construção de biodigestor ou uso de blocos, cimento, areia aço, pedras tendo em conta os requisitos estabelecidos no trabalho de Lizandra (2012), os quais são:

- 1) Função e condições de trabalho a que será exposto o material de construção:
  - Características das substâncias e meios com os que interagem
  - Esforços mecânicos aos que será submetidos o material

- O uso do material

2) Seleção e avaliação dos materiais possíveis.-Estes se fazem tendo em conta propriedades físico-químico e mecânicos e tecnológicos.

3) Seleção de material mediante uma análise de custo- benefício- Os materiais se comparam tendo em conta

- Custo de aquisição do material.

- frequência de manutenção

- Frequência de reposição(tempo de vida útil)

- Custos de fabricação.

4) Disponibilidade e tempo de entrega

Se propõe como material para construção de um biodigestor blocos aços, pedras, cimento e areia, os quais são acessíveis e disponíveis nas lojas.

O efluente líquido e os sólidos residuais do processo de biodigestão se podem empregar como fertilizante na agricultura, segundo Sanches (2011).

O biogás obtido tem alto teor de de sulfureto de Hidrogenio ( $H_2S_{(g)}$ ), um gás de muita agressividade química e um odor desagradável, também é um gás nocivo para o meio ambiente, provoca chuvas ácidas, pelo qual se precisa do processo para a eliminação dele. Segundo Blanco et al.,(2012) *apud* Lizandra(2012) para a eliminação deste gás se pode aplicar o processo de absorção com composto que tenham limítimas de ferro, resíduo muito comum nos processos maquinados de aços. A quantidade destas a empregar se determina considerando que por cada  $m^3$  de biogás contem 0.1% de  $H_2S_{(g)}$  e a partir da metodologia proposta por blanco (2012).

#### **Quarta etapa: Obtenção de energia térmica em gaseificadores**

Para esta etapa propõe-se o uso de gaseificadores de leito fixo estes tem as vantagens de empregar a maioria dos componentes de RSU como plásticos filme e pet, papel, resíduos vegetais e os seus produtos gasosos são os menos nocivos (Young, 2010).

Os gaseificadores de leito fixo operam a temperaturas relativamente baixas, longo tempo de residência; são bons para resíduos que reagem lentamente e representam a maioria dos gaseificadores em operação ou em construção no mundo (Brito, 2012).

O gás produzido em processo térmico purifica-se aplicando o sistema de hidrociclone que tem as seguintes vantagens :

- Possibilidade de trabalhar com partículas inflamáveis e explosivas
- Absorção de gás e coleta de partícula em uma única unidade
- Resfriamento de gases quentes

A turbina do gás a ser empregue é do tipo ALTOM G10, que segundo Brito, 2013 é um turbogerador que pode ser acoplado tanto em biodigestor como também em gaseficador.

### Utilização do RSU inorgânicos na caldeira.

Segundo Guardo(2012), os resíduos de plástico filmes misturados com resíduos vegetais de jardins e capintaria, aglomerados em pacotes, se empregam em muitos países europeus, exemplo Suécia como combustíveis para a operação da caldeiras Piro-tubulares que se empregam na geração de energia elétrica.

No seguinte figura se ilustra um esquema que resume os processo e equipamentos que se empregam na geração de energia a partir de RSU.

Process. de Conversão

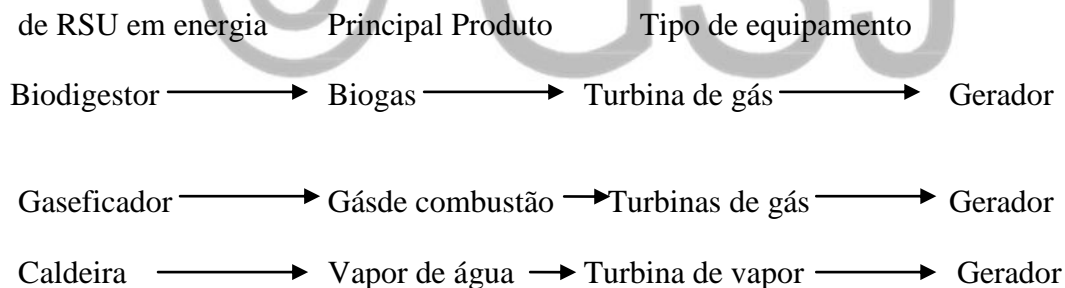


Figura 3.2- Seções de Biodigestor de cúpula fixa rectangular. Fonte elaboração Própria.



## CONCLUSÃO

Após a pesquisa feita, foi possível chegar as seguintes conclusões:

- ✚ Se pode obter energia a partir de RSU aplicando os processos de classificação, digestão anaeróbica, térmicos e de geração de electricidade
- ✚ Os principais componentes de RSU são matéria orgânica (60%), plásticos(20%) e papel(15%), nos bairros estudados.
- ✚ Os Bairros de renda alta e as escolas localizadas nestes bairros são os maiores geradores de RSU na cidade da Beira, 33394.45kg.percapta/dia.
- ✚ A produção percapta dos RSU em cada bairro em estudo depende das condições sócio-económicas, hábitos de consumo, tipos de infra-estruturas e o valor da renda.
- ✚ O Procedimento para obter energia eléctrica a partir de RSU, faz-se a partir de uma classificação e separação adequada, aplicando o processo de redução de tamanhos de partículas, empregando biodigestores de cúpula fixa para o tratamento da matéria orgânica, provido de filtro para purificação de biogás, o qual se encaminha a turbina de gás, ALTROM GT10, acoplada a um gerador eléctrico. Se usa também um gaseificador de leito fixo para aproveitamento de plásticos filme, papel e outros resíduos vegetais, provido de um hidrociclone, onde o gás limpo obtido se envia a turbina de gás da marca referida anteriormente.

## RECOMENDAÇÕES

Como resultados da investigação se faz as seguintes recomendações:

- ✚ Elaborar a estratégia de comunicação e educativa ambientalista,
- ✚ Estender a caracterização gravimétrica a todos os bairros da cidade da Beira.
- ✚ Estudo da acessibilidade e viabilidade das tecnologias de conversão aplicadas as condições reais da cidade da Beira.

© GSJ

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Capaz, K, the History of Waste. Environmental Chemistry.com. Aug. 2001.  
Acessado on-line:18/02/2016 <http://EnvironmentalChemistry.com/yogi/environmental/>
2. Young, G.C., "Zapping MSW with Plasma Arc," Pollution Engineering, November 2006.
3. Young, G.C., "How Trash Can Power Ethanol Plants," Public Utilities Fortnightly, p. 72, February 2007
4. Young, G.C., "From Waste Solids to Fuel," Pollution Engineering, February 2008.
5. "Summary Report: Evaluation of Alternative Solid Waste Processing Technologies, Prepared for: City of Los Angeles, Department of Public Works, Bureau of Sanitation,
6. "Conversion Technology Evaluation Report," Prepared for: The City of Los Angeles
7. Iowa Corn Organization, [www.iowacorn.org](http://www.iowacorn.org) and Iowa Corn Promotion Board/Iowa Corn Growers Association, December 2006.
8. Circeo, L.J. and Smith, M.S., "Plasma Processing of MSW at Coal-Fired Power Plants," Atlanta, GA, 2005.
9. Young, G.C., "Zapping MSW with Plasma Arc," Pollution Engineering, November 2006.
10. Guardado, K., Private Communication, ICM, Inc., December 21, 2003.
11. American Coalition for Ethanol, [www.ethanol.org](http://www.ethanol.org), averages provided by Axis Petroleum, State Average Ethanol Rack Prices, Iowa, Tuesday, December 19, 2006.
12. "Expert Touts Plasma Torch," The Gazette, November 22, 2005.
13. "Plasma arc Technology may help Linn Garbage Woes," The Gazette, November, 2005.
14. Young, G.C., "How Trash Can Power Ethanol Plants," Public Utilities Fortnightly, 2007.
15. GRIMBERG, E. e BLAETH, P. Coleta Seletiva: Reciclando Materiais, Reciclando Valores. São Paulo: Polis. 1998.
16. HARDOY e SATTERWAITE (1992); UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME, 1996. In: Globalização, urbanização e gestão de resíduos sólidos em África. Disponível em: <[WWW.wiego.org.pdf](http://WWW.wiego.org.pdf)>. Acesso, em 20 de Março de 2016.
17. HARDOY, J. e SATTERWAITE (1992). Problemas ambientais em cidades do terceiro Mundo Cidades. In: Terra de digitalização, em Londres. Disponível em: <[WWW.wiego.org.pdf](http://WWW.wiego.org.pdf)>. Acesso, em 20 de Março de 2016.

- 18.JARDIM, N. S. (Coord.). Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), e Compromisso Empresarial para Reciclagem (CEMPRE), 1995.
- 19.LAGES, M. L. P. D. de. Participação da População de Alto Padrão de Consumo na Coleta Seletiva de Lixo: o caso de Teresina. Um estudo sobre a participação da população de alto padrão de consumo no processo de coleta seletiva nos bairros Jockey Clube e Fátima na cidade de Teresina-PI. Recife, 2001. Dissertação de Mestrado, UFPE.
- 20.PERNAMBUCO/BRASIL. LEI ESTADUAL DE POLÍTICAS DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM PERNAMBUCO (2001). Disponível em: [www.cprh.pe.gov.br](http://www.cprh.pe.gov.br)>. Acesso, em Março de 2016.
- 22.MAJANI, BBK (2002). Resíduos Sólidos Urbanos, em Dar es Salaam, na Tanzânia. In: Conyers
- 23.MANUAL DE SANEAMENTO. 3ª ed. – Brasília: Ministério da Saúde: Fundação Nacional de Saúde, 1999.
- 24.MENEZES, C. L. Desenvolvimento urbano e meio ambiente: a experiência de Curitiba. Campinas: Papirus, 1996.
- 25.MONTEIRO, J. H. P. et all. Gestão Integrada de Resíduos Sólidos: Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro: IBAM, 2001.
- 26.OLIVEIRA, F. P. de. O Inventário de Resíduos Sólidos Industriais de Pernambuco. Recife: CPRH, 2004.
- 27.ONIBOKUN, Adepoju G. Gestão do Monster. Resíduos Urbanos e Governação em África. Disponível em: <http://www.idrc.ca>>. Acesso, em 15 de fevereiro de 2016.
- 28.ONIKUN, Ag e KUMUYI Aj. Governança e gestão de resíduos na África. Disponível em: <[WWW.idrc.ca](http://WWW.idrc.ca)>. Acesso, em 15 de Março de 2008.
29. ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA da SAÚDE. Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos em Cidades da América Latina e Caribe. Disponível em: <[www.google.com.br](http://www.google.com.br)>. Workshop Regional, 2001. Acesso em: 20 de fevereiro de 2016.
30. PESQUISA NACIONAL DE SANEAMENTO BÁSICO – PNSB, 2000. Disponível em: <<http://www.lixo.com.br>>. Acesso em: 09 de Março de 2004.
- 31.PROGRAMA AMBIENTAL DAS NAÇÕES UNIDAS. (1999). Gestão global de resíduos sólidos urbanos. Disponível em: <[WWW.ambienteonline.pt](http://WWW.ambienteonline.pt)>. Acesso, em 02 de Março de 2008.
- 32.PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO. Metodologias e Técnicas de Minimização, Reciclagem, e Reutilização de Resíduos Sólidos Urbanos. Rio de Janeiro; ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1999.

33. REYNALDO, A. (Org.). *Metrópole Estratégica: Região Metropolitana do Recife*. Agência Estadual de Planejamento de Pernambuco CONDEPE/FIDEM. PROMETRÓPOLE. Recife, 2005.
34. SISINNO, C. L. S. et OLIVEIRA, R. M. (Orgs.). *Resíduos sólidos, ambiente e saúde: uma visão multidisciplinar*. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2000.
35. UNSTAT. United Nations Statistic Division Environment Statistic. Waste 2007. Disponível em: <<http://unstats.un.org/unsd/environment/municipalwaste.htm>>. Acesso em: 07 Fevereiro, 2016.
36. VIEIRA, S. J. et al. A escolha de áreas utilizando geoprocessamento para o sistema de tratamento e disposição final de resíduos sólidos. In: COBRAC 2000 - Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, UFSC, Florianópolis. Brasil. 2000 Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/80586/152100.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 12 março, 2016.
37. ZACHOW, C. R. *Biogás*. Departamento de Tecnologia. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. 2000. 12 p.
38. Zamorano M. Study of the energy potential of the biogas produced by an urban waste landfill in Southern Spain. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.
39. ZHANG, D. Q.; TAN, S. K.; GERSBERG, R. M. Municipal solid waste management in China: Status, problems and challenges. *Journal of Environmental Management* 91: 2010.
40. ZANETTE, A. L. *Potencial de Aproveitamento Energético do Biogás no Brasil*. 2009. p 97. Dissertação (Mestre em Ciências em Planejamento Energético). Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2009. Disponível em: <[http://www.ppe.ufrj.br/ppe/production/tesis/zanette\\_luiz.pdf](http://www.ppe.ufrj.br/ppe/production/tesis/zanette_luiz.pdf)>. Acesso em: 21 Março, 2016.
41. WANG, L; HU, G.; GONG, X.; BAO, L. Emission reductions potential for energy from municipal solid waste incineration in Chongqing. *Renewable Energy* 34:2009.2074-2079p.
42. WANG, T, et al. Emission reductions potential for energy from municipal solid waste incineration in Chongqing. *Renewable Energy* 34. China. 2009. 2074-2079p.
43. WILLIAMS, R. B. Project 1.1 – Technology Assessment for Biomass Power Generation – UC Davis - Task 1.1.1 Draft Final Report. UC DAVIS, Davis, 2004. Disponível em: <<http://biomass.ucdavis.edu/files/reports/2004-cbc-technology-assessment-smud-regrenprogram.pdf>>. Acesso em: 10 jun., 2013.
44. WILLUMSEN, H. C. *Energy recovery from landfill gas in Denmark and Worldwide*. LG Consultant. 2001. 4

Anexo-II -Composição média em peso de RSU nos bairros - Setembro de 2014

<b>Organização</b>	<b>Descrição / Finalidade</b>	<b>País</b>
Biosyn	Gaseificação de leito fluidizado para a produção de metanol	Canadá
Carbona Inc. (anteriormente Enviropower e Vattenfall)	Leito fluidizado pressurizado	EUA
Elsam / Elkraft	Gaseificação de biomassa e carvão para produção na Dinamarca	Dinamarca
Enviropower (Vattenfall, Tampella, IGT)	Gaseificador de leito fluidizado recirculante	Finlândia
Foster Wheeler – Pyroflow (anteriormente Ahlstrom Corporation)	Gaseificador de leito fluidizado circulante	Finlândia
Hawai Biomass Gasification Project	Gaseificador alimentado com bagaço de cana e madeira	EUA
Institute of Gas Technology	Gaseificação em leito fluidizado, gaseificador em escala piloto do processo de Renugas	EUA
Thermochem, Inc. (Manufacturing and Technology Conversion International, Inc. (MTCI))	Leito fluidizado vapor com combustor de pulso	EUA

Värnamo IGCC (Gaseificador integrado combinado com ciclo de Geração de Energia) Plant, (Bioflow, Sydkraft, Foster Wheeler)	Primeiro gaseificador integrado, ciclo combinado, leito fluidizado pressurizado recirculante para operar com biomassa	Suécia
Vattenfall Lime Kiln Gasefier (Gotaverken, Kvaerner)	Gaseificador de leito fluidizado circulante para fornos de cal	Suíça

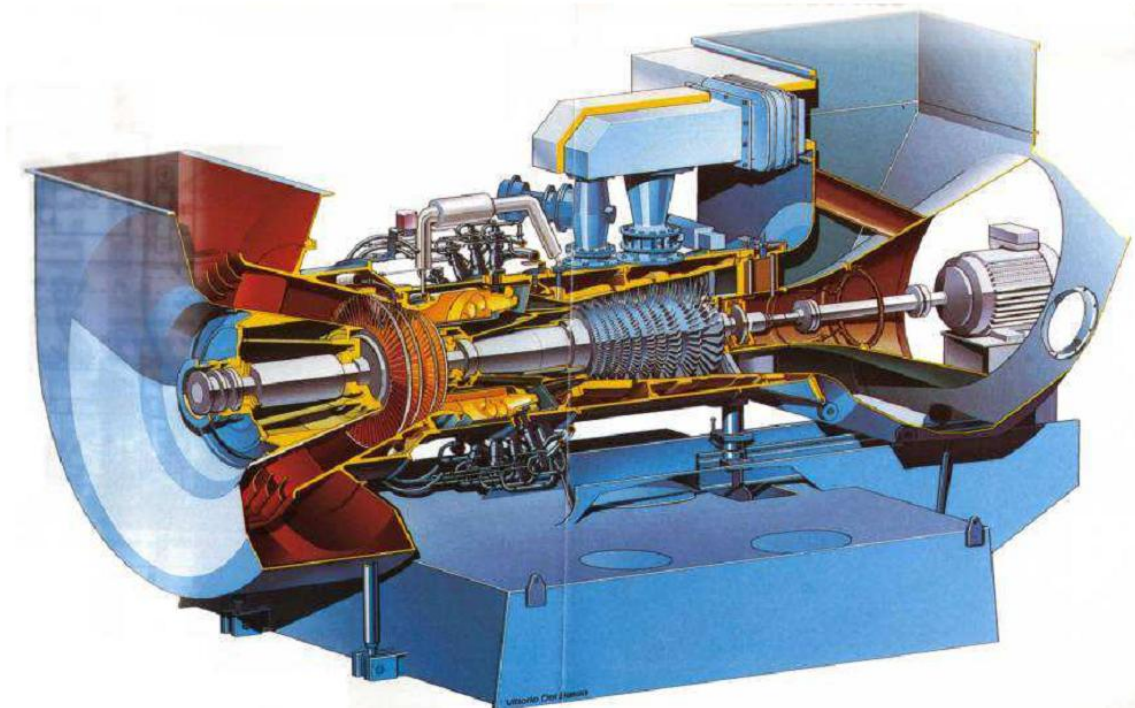
### Gaseificadores Atmosféricos

Organização	Descrição / Finalidade	País
Battelle Columbus Laboratories, BCL	Leito fluidizado duplo e combustor de pirólise	EUA
Bullington Electric, Vermont (Ferco, Battelle)	Demonstração do gaseificador do Battelle em planta existente de madeira	EUA
EPI ( anteriormente JWP Energy Products)	Gaseificador de leito fluidizado a pressão atmosférica	EUA
Lurgi Energie – und Umwelttechnik GmbH	Gaseificador de leito fluidizado circulante para geração de gás para fornos de cimento e cal	Alemanha
Sofresid / Caliqua (andco Torrax)	Gaseificador de ar contracorrente de resíduos	França
TPS Termiska Processer AB	Principal fabricante de	Suécia

### Anexo Triturador de Resíduos do tipo PTL



### Turbina ALSTOM GT10



© GSJ




### Anexo-II -Composição média em peso de RSU nos bairros - Setembro de 2014

Projectoes por Distritos 2007-17 [Compatibility Mode] - Microsoft Excel

Home Insert Page Layout Formulas Data Review View

Themes Colors Fonts Effects Margins Orientation Size Print Breaks Background Print Titles Width: Automatic Height: Automatic Scale: 100% Gridlines View Print Sheet Options Bring to Front Send to Back Selection Pane Align Group Rotate Arrange

B22 URBANA 2



INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA

#### Dados Populacional da Cidade da Beira 2007

P.ADM	LOC./BAIRRO	Número de Agreg. Familiares	População			Proporção			2008			2009		
			Masculino	Feminino	Total	M	F	Total	M	F	Total	M	F	Total
<b>TOTAL BEIRA</b>		<b>103,040</b>	<b>219,624</b>	<b>211,959</b>	<b>431,583</b>	51%	49%	100%	227194	219264	446458	228608	220630	449238
URBANO 1	CHAIMITE	3,795	7,397	6,539	13,936	53%	47%	3%	7652	6764	14416	7700	6806	14506
URBANO 1	CHIPANGARA	6,055	12,899	12,124	25,023	52%	48%	6%	13344	12542	25886	13427	12620	26047
URBANO 1	ESTURRO	5,021	12,263	11,618	23,881	51%	49%	6%	12686	12018	24704	12765	12093	24858
URBANO 1	MACURUNGO	4,350	10,689	10,255	20,944	51%	49%	5%	11057	10608	21666	11126	10675	21801
URBANO 1	MACUTI	3,129	7,100	6,748	13,848	51%	49%	3%	7345	6981	14326	7390	7024	14414
URBANO 1	MATAQUANE	7,873	17,603	16,944	34,547	51%	49%	8%	18210	17528	35738	18323	17637	35960
URBANO 1	PIONEIROS	1,483	3,195	3,099	6,294	51%	49%	1%	3305	3206	6511	3326	3226	6552
URBANO 1	PONTA GEA	4,834	10,810	10,049	20,859	52%	48%	5%	11183	10395	21578	11252	10460	21712
<b>SUB-TOTAL URBANO 1</b>		<b>36,540</b>	<b>81,956</b>	<b>77,376</b>	<b>159,332</b>	51.4%	48.6%	36.9%	84781	80043	164824	85309	80541	165850
URBANA 2	MUNHAVA CENTRAL	7,081	15,578	14,968	30,546	51.0%	49.0%	7.1%	16115	15484	31599	16215	15580	31795
URBANA 2	CHOTA	1,113	2,471	2,460	4,931	50.1%	49.9%	1.1%	2556	2545	5101	2572	2561	5133
URBANA 2	MANANGA	5,223	11,680	11,478	23,158	50.4%	49.6%	5.4%	12083	11874	23956	12158	11948	24106
URBANA 2	MARAZA	4,622	10,220	9,755	19,975	51.2%	48.8%	4.6%	10572	10091	20663	10638	10154	20792
URBANA 2	VAZ	1,847	4,185	4,153	8,338	50.2%	49.8%	1.9%	4329	4296	8625	4356	4323	8679
<b>SUB-TOTAL URBANO 2</b>		<b>19,886</b>	<b>44,134</b>	<b>42,814</b>	<b>86,948</b>	50.8%	49.2%	20.1%	45655	44290	89945	45939	44565	90504
URBANO 3	INHAMIZUA	3,557	8,598	8,644	17,242	49.9%	50.1%	4.0%	8894	8942	17836	8950	8998	17948
URBANO 3	ALTO DA MANGA	3,999	10,044	9,907	19,951	50.3%	49.7%	4.6%	10390	10248	20639	10455	10312	20767
URBANO 3	CHINGUSSURA	5,300	12,480	12,458	24,938	50.0%	50.0%	5.8%	12910	12887	25798	12991	12968	25959

Beira / Buzi / Caia / Chemba / Cheringoma / Chibabava / Dondo / Gorongosa / Machanga / Maringue / Marroneu / N...

Ready 100%

4:37 AM 3/13/2016

Anexo-II -Composição média em peso de RSU nos bairros - Setembro de 2014

Setembro/2014						
RSU	MB-1		MB-2		MB-3	
	kg	%	kg	%	kg	%
Orgânico	90	47	79	6	60	43
papel	35	16	3	4	23	16
Papelão	4	2	4	3	13	9
PlasticoFilme	18	9	6	5	5	3
PlasticoPP,ppS, met	2	1	2	1	14	10
Plasticoduro	3	2	4	3	2	1
Plastico Pet	19	5	9	7	14	10
Tecido/ boracha	4	2	9	7	3	2
Metal	10	5	5	4	1	1
vidro	4	2	0	0	0	0
Madeira	0	0	3	2	8	6
Outros	2	1	0	0	0	0
Total	176	100	123	100	141	100

Anexo-II Composição média em peso de RSU nos bairros -Outubro de 2014

Outubro/2014						
RSU	MB-1		MB-2		MB-3	
	Peso( kg)	%	Peso( kg)	%	Peso( kg)	%
Organico	125	60	66	46	76	30
papel	20	10	13	9	15	6
Papelao	12	6	2	1	13	5
PlasticoFilme	9	4	1	1	15	6
PlasticoPP,ppS, met	5	2	2	1	14	5
Plasticoduro	4	2	4	3	15	6
Plastico Pet	7	3	2	1	24	9
Tecido/ boracha	9	4	5	4	30	12
Metal(incluindoAlumineo)	9	4	11	8	1	0
vidro	25	12	18	13	5	18
Madeira	4	2	2	1	45	2

Outros	1	1	6	5	0	0
Total	209	100	142	100	255	100

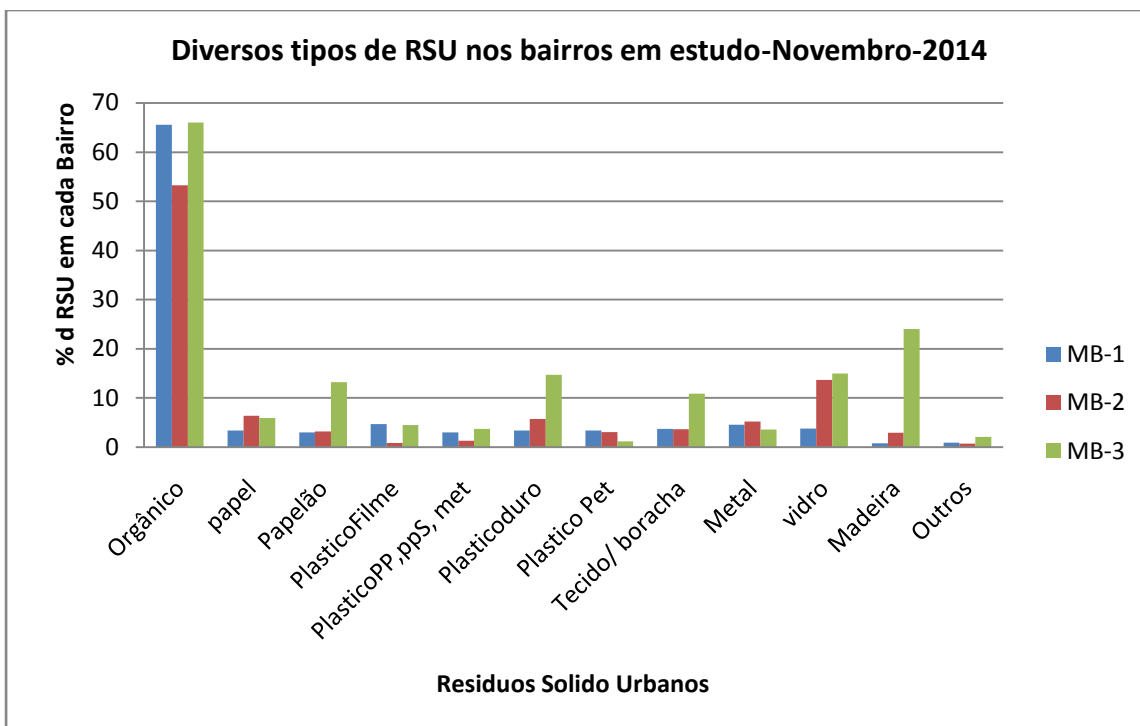
Anexo-III-Composicao media em peso de rsu no bairro de pontagea em novembro de 2014

Novembro/2014						
RSU	Pontagea		Macurungo		Munhava	
	kg	%	Kg	%	Peso(kg)	
Organico	176	66	101	53	66	40
papel	9	3	8	6	6	4
Papelao	8	3	6	3	13	8
PlasticoFilme	13	5	6	1	5	3
PlasticoPP,ppS, met	8	3	5	1	4	2
Plasticoduro	9	3	11	6	15	9
Plastico Pet	9	3	6	3	1	1
Tecido/ boracha	10	4	7	4	11	7
Metal(incluindoAlumineo)	12	5	10	5	4	2
vidro	10	4	26	14	15	9
Madeira	2	1	6	3	24	15
Outros	2	1	1	1	2	1
	68	100	37	189	165	100

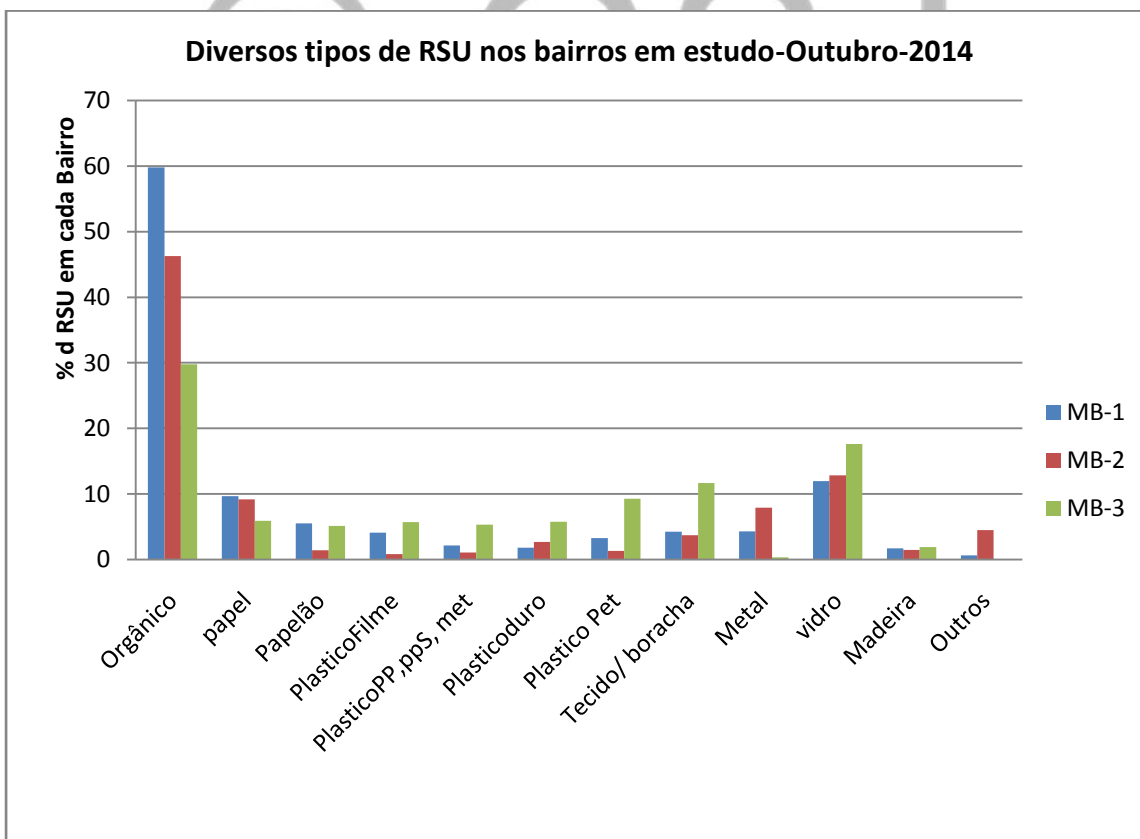
Anexo-II –Mapa de RSU, produzidos nas escolas no ano 2015-Accao Academica para o desenvolvimento da Comunidades Urbanas( ADECRU).

		ES Ponta Gea	Samora M	S. Mute mba	Mang a	25 Setem bro	Matad ouro	Marro canhe	Nhan gau	Estori l	Mucha tazina	Subtot al(kg)
Di as	Mate riais	Quant( kg)	Quan t(kg)	Quant. (kg)	Quan t(kg)	Quant( kg)	Quant (kg)	Quant( kg)	Quan t(kg)	Quan t(kg)	Quant( kg)	
1- Ja n	Lixo	12.5	8	4	5	5	1	0	1	3	5	44.5
	Meta l	0	0	7.5	0	0	0	0	0	0	0	7.5
	Papel	12	8	1.8	5	6	5	4	9	5	14	69.8
	Plásti co	9.3	2	6	5	8	7	6	1	5	8	57.3
		21.3	10	15.3	10	14	12	10	10	10	22	112.6
2	Lixo	15.2	8.7	9.8	7	5	20	6	2	6	2.5	82.2
	Meta l	1	0	2	0	0	1	1	0	0	0	5
	Papel	15.9	10.4	12.5	3.5	1	1.4	7.5	2	6.5	6	66.7
	Plásti co	7.5	4	5	6	5.5	6.5	2.5	0	6	5	48
		24.4	14.4	19.5	9.5	6.5	8.9	11	2	12.5	11	108.7
3	Lixo	25	18	18	6	6.4	8	1	2	6	8	98.4
	Meta l	0	0	1	0	1	0	0	0	8	1	11
	Papel	12.4	12	8.3	5	5.3	8.6	2.6	5.5	9	1.6	70.3
	Plásti co	15.5	9	6.8	8.9	7.5	5	6.3	6.8	7	8	80.8
		27.9	21	16.1	13.9	13.8	13.6	8.9	12.3	24	10.6	151.5
4	Lixo	24	7.1	4.5	8.8	7.8	4.6	8.9	9.5	4.6	5.8	85.6
	Meta l	0.5	1.2	0.5	1	0	0	0	0	0	0	3.2
	Papel	8.6	7	5.5	4.8	3.1	4.2	8.1	3	3.6	3.8	51.7
	Plásti co	5	2.5	1.5	5	0.5	2	2.7	8	5	4	36.2
		14.1	10.7	7.5	10.8	3.6	6.2	10.8	11	8.6	7.8	91.1
	Lixo											
	Meta l											
	Papel											
	Plásti co											
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		87.7	56.1	58.4	44.2	37.9	40.7	40.7	35.3	55.1	51.4	463.9
		76.7	41.8	36.3	26.8	24.2	33.6	15.9	14.5	19.6		310.7
		164.4	97.9	94.7	71	62.1	74.3	56.6	49.8	74.7	51.4	774.6

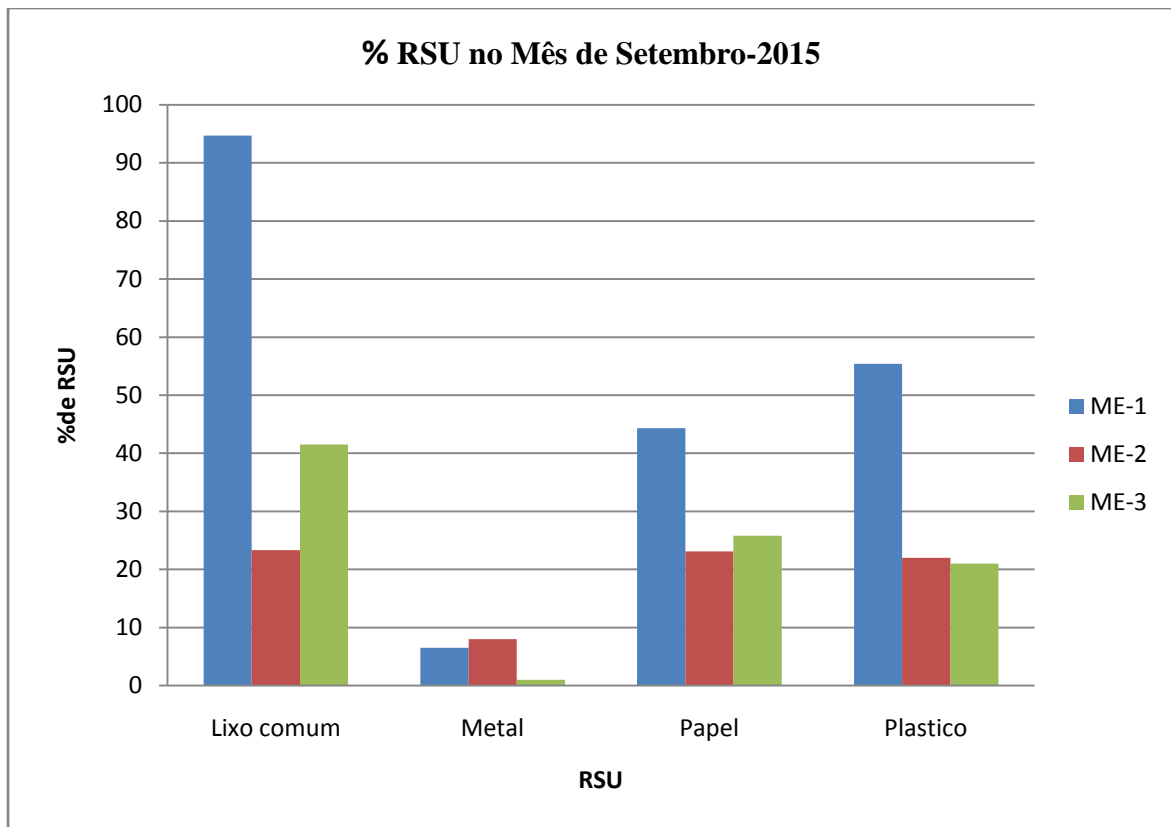
Anexo-VIII-Composição de RSU nos bairros no mês de Novembro -2014



Anexo-IX-Composição de RSU nos bairros no mês de Outubro -2014



Anexo-X-Composição de RSU nas Escolas no mês de Outubro -2014



© GSJ