

ESTUDO DE CASO: INVESTIGAÇÃO DE TECNOLOGIA PARA O APROVEITMANETO ENERGÉTICO A PARTIR DO LIXO: USINA GASEIFICADORA MODULAR (UGM)

DOI: 10.19177/rgsa.v9e0l2020599-615



Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental

Genilson Jacinto Pacheco¹
Tácio Mauro Pereira de Campos²
Daniel Luiz de Mattos Nascimento³
Ana Ghislane Henriques Pereira Van Elk⁴

RESUMO

Este estudo tem por objetivo analisar uma unidade que utiliza o processo de decomposição térmica de resíduos ou qualquer biomassa como fonte de geração de energia. Para isso, elaborou-se um estudo de caso com fundamentação teórica sobre a geração dos RSU no Brasil, e as formas de tratamento. Trata-se de uma pesquisa descritiva e qualitativa, em que o universo pesquisado envolveu a análise de um equipamento que coleta, tritura e alimenta os resíduos em um forno anaeróbico sem presença de oxigênio, gerando pela síntese dos materiais incinerados, um gás combustível composto principalmente por: Hidrogênio (H₂), Monóxido de Carbono (CO₂) e Metano (CH₄). Nesse processo, esta tecnologia se apresenta como uma

¹ Mestre em Engenharia Urbana e Ambiental. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. genilsonpacheco@bol.com.br

² Doutor em Mecânica dos Solos. Departamento de Engenharia Civil da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RIO) – Rio de Janeiro (RJ). tacio@puc-rio.br

³ Doutorando em Engenharia Civil. Departamento de Engenharia Civil da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RIO) – RJ. danielmn@puc-rio.br

⁴ Doutora em Geotecnia Ambiental. Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. anavanelk@gmail.com

solução ecológica que transforma resíduos em energia através da Usina Gaseificadora Modular (UGM). Os resultados demonstraram a viabilidade de utilização do equipamento para a produção de energia elétrica.

Palavras-chave: Aproveitamento Energético. Resíduos Sólidos Urbanos. Usina Gaseificadora Modular. Tratamento de Resíduos. Meio Ambiente.

CASE STUDY: TECHNOLOGY RESEARCH FOR ENERGY UTILIZATION FROM WASTE: MODULAR GASIFICATION PLANT

ABSTRACT

This study aims to analyze a unit that uses the thermal decomposition process of waste or any biomass as a source of energy generation. For this, a case study with theoretical basis was elaborated about the generation of MSW in Brazil, and the forms of treatment. This is a descriptive and qualitative research, in which the researched universe involved the analysis of an equipment that collects, grinds and feeds the waste in an anaerobic furnace without oxygen, generating by the synthesis of the incinerated materials, a fuel gas composed mainly by: Hydrogen (H₂), Carbon Monoxide (CO₂) and Methane (CH₄). In this process, this technology presents itself as an ecological solution that transforms waste into energy through Modular Gasification Plant (UGM). The results demonstrated the feasibility of using the equipment for the production of electric energy.

Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental

Keywords: Energy Utilization. Urban solid waste. Modular Gasification Plant. Waste treatment.

1 INTRODUÇÃO

O processo de expansão econômica de um país vincula-se a um aumento da oferta de eletricidade gerada por investimentos aplicados no setor energético e que, por conseguinte, aumento do consumo (BORGES, BORGES e FERREIRA FILHO, 2012). Partindo desse princípio, (LOPES e TAQUES, 2016), afirmam que o desenvolvimento socioeconômico de um país está diretamente vinculado à evolução de seu setor energético, na medida em que a energia é o insumo básico para a melhoria de vários fatores essenciais como saúde, educação, alimentação e saneamento. Nesse sentido, a efetivação de energias renováveis, como a biomassa, em substituição a novas hidrelétricas que estão previstas para o futuro, o Brasil a longo prazo economizará recursos financeiros e reduzirá significativamente seus impactos, (FREITAS e FREITAS, 2018).

Para (LEITE e BELCHIOR, 2014), as externalidades ambientais influenciam diretamente a atividade econômica, devendo o Poder Público utilizar mecanismos que orientem e estimulem o empreendedor para a transformação e a reciclagem de produtos, bem como para o incremento de novas tecnologias para o aproveitamento energético dos RSU. Dentre estes instrumentos econômicos, a PNRS destaca a utilização de incentivos fiscais, financeiros e creditícios, o que comprova que a gestão ambiental não se limita ao órgão ambiental, mas deve partir de um diálogo Inter Setorial entre as pastas envolvidas. Segundo (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2014), em qualquer caso, é certa a necessidade de eliminar os lixões, com vistas ao aproveitamento energético dos resíduos sólidos urbano (RSU) e, de se dispor de informações sobre a composição do RSU para seu melhor aproveitamento.

Dessa maneira, (BERTICELLI, PANDOLFO e KORF, 2017), afirmam que o tratamento de RSU pode ser compreendido como uma série de procedimentos físicos, químicos e biológicos que têm por objetivo diminuir a carga poluidora no meio ambiente, reduzir os impactos sanitários negativos do homem e obter o beneficiamento econômico do resíduo. Seguindo essa linha (MAZZER e CAVALCANTI, 2004) apontam que para haver o equacionamento da solução dos problemas gerados pelos resíduos, essas etapas têm que estar intrinsecamente ligadas. Dessa forma, as tendências e evoluções das inovações tecnológicas que acompanharam as necessidades energéticas, materiais e ambientais em resposta às demandas da população, crescimento, culturas e economias, tendo como base legislações claras e objetivas, implantadas progressivamente ao avanço das tecnologias, sensibilização social e educação de suas sociedades, (JUCÁ, DE LIMA, *et al.*, 2014).

De acordo com (AMBIENTE, 2011), a situação do Brasil passa por sérios problemas ocasionados por falta de gestão política e estratégia de processos orçamentários públicos para a resolução eficaz do tratamento dos resíduos. Dessa maneira (BROLLO e SILVA, 2001), apontam que os gestores dos municípios brasileiros, conforme a legislação vigente é responsável pelo tratamento do lixo urbano, dessa forma, os mesmos não estão conseguindo atender o marco regulatório estabelecido pela Lei nº 12.305/2010, PNRS, que determina que todo material produzido pelas atividades domésticas e comerciais que serão possíveis de coleta pelos serviços de limpeza pública, devem ser encaminhados para destinação final apenas quando foi esgotado todas as possibilidades de reaproveitamento, seja por

meio de reciclagem, da reutilização, da compostagem ou da geração de energia. Quando não existir tecnologias viáveis os resíduos devem ser destinados a aterros sanitários. De todo o lixo produzido no Brasil, 30% tem potencial para ser reciclado, porém apenas 3% deste total é efetivamente reciclado.

Nessa conjuntura, (REIS, CONTI e CORRÊA, 2015) destacam que é preciso direcionar e envolver o planejamento dos processos inovadores em debates nacionais e internacionais para que se possa discutir a possibilidade de aproveitar energia a partir do lixo. Entretanto, (SILVA, SOBRINHO e SAIKI, 2004) atenta sobre o uso da gaseificação dos RSU no Brasil é uma prática pouco difundida, principalmente por tecnologia que demanda divulgação dessa prática. Levar alternativas às cidades que estão em busca de soluções para um dos grandes problemas enfrentado no mundo, e com isso, sustentar a ideia que é possível aproveitar energia a partir do lixo, com uma tecnologia 100% brasileira.

Neste sentido, este estudo pretende questionar de que forma a Usina Gaseificadora Modular poderá contribuir para a sustentabilidade do lixo. O estudo se insere como objetivo analisar o processo de gaseificação modular como forma de aproveitamento energético dos RSU.

1.1 Referencial Teórico

1.1.1 Geração dos Resíduos Sólidos no Brasil

Conforme (NASCIMENTO, SOBRAL, *et al.*, 2015), os problemas relacionados à forma de apropriação e destruição da natureza no processo de desenvolvimento econômico vivenciado por diversas nações. É perceptível a necessidade de analisar um dos grandes problemas da atualidade, qual seja, o aumento da geração de resíduos sólidos urbanos e os problemas decorrentes da falta de um gerenciamento adequado destes. Entretanto, a produção de resíduos sólidos não tem recebido o devido destaque. Seu crescimento não se deve apenas ao rápido crescimento populacional e as mudanças nos hábitos de consumo que causaram um aumento considerável na geração de resíduos sólidos, e as quantidades de resíduos destinados à maiores impactos ambientais, principalmente em países desenvolvidos, (RODRIGUES e DANTAS, 2018).

Nesse contexto, o mundo se depara com um dos maiores desafios enfrentados pela humanidade no Século XXI, é como lidar com a quantidade de resíduos gerada diariamente nos grandes centros urbanos (SOARES, MIYAMARY e MARTINS, 2017). A população brasileira apresentou um crescimento de 0,75% entre 2016 e 2017,

enquanto a geração per capita de RSU apresentou aumento de 0,48%. A geração total de resíduos aumentou 1% no mesmo período, atingindo um total de 214.868/t diárias de RSU no país (ABRELPE, 2017). Dessa quantidade, aproximadamente 59,1% do coletado, disposto em aterros sanitários. O restante, que corresponde 40,9% dos RSU coletados, foram despejados em locais inadequados por 3.352 municípios brasileiros, totalizando mais de 29 milhões de toneladas de resíduos em lixões ou aterros controlados, que não possuem o conjunto de sistemas e medidas necessários para proteção do meio ambiente contra danos e degradações, veja na tabela 1.

Tabela 1 Panorama da Geração dos RSU no Brasil

Regiões	Total Municípios	População Total/2017	Total RSU Gerado (t/d)	Total RSU Coletados (t/d)	Geração Per capita
Norte	450	18.182.253	15.634	12.710.442	0.872%
Nordeste	1.794	56.760.780	55.492	43.894.172	0.969%
Centro Oeste	467	16.085.885	15.519	15.426,2	0.978%
Sudeste	1.668	87.711.946	105.794	103.783.914	1.217%
Sul	1.191	29.754.036	22.429	21.329.979	0.757%
Brasil	5.570	208.494.900	248.999.204	181.733.933	100%

Fonte: (ABRELPE, 2017).

1.2 Coleta Seletiva

Para (R. JACOBI e BESEN, 2006), a coleta seletiva, apesar de não ser a única solução para a problemática dos resíduos sólidos, promove o hábito da separação do lixo na fonte geradora para o seu aproveitamento, a educação ambiental voltada para a redução do consumo supérfluo e do desperdício, a prevenção e controle das doenças decorrentes da gestão inadequada do lixo, a geração de emprego e renda, a melhoria da qualidade da matéria orgânica para a compostagem, a economia de recursos naturais e a valorização de bens econômicos, e materiais recicláveis. Seguindo essa mesma linha de pensamento (PEREIRA e CURI, 2013), afirmam que a coleta seletiva é uma etapa fundamental para a eficiência do sistema de gestão integrada de resíduos sólidos e, essencial para se atingir a meta de disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. A implantação do sistema é justificada pelas externalidades positivas decorrentes do ganho ambiental gerado pelo aproveitamento

dos resíduos recicláveis, (RODRIGUES e SANTANA, 2012). Abaixo a tabela 2, apresenta o índice de municípios com coleta seletiva de seus resíduos.

Tabela 2 Índice de municípios com iniciativas de coleta seletiva

Região	Coleta seletiva	Índice coleta %
Norte	450	80,23%
Nordeste	1.794	78,22%
Centro-Oeste	467	93,05%
Sudeste	1.668	97,09%
Sul	1.191	94,07%
Brasil	5.570	90,41%

Fonte: (ABRELPE, 2017).

Dessa forma (BRINGHENTI e GÜNTHER, 2011), afirmam que a participação social depende do perfil socioeconômico e cultural da população, com destaque para aspectos como grau de instrução e acesso à educação não formal.

1.3 Tratamento dos Resíduos Sólidos no Brasil

De acordo com (NASCIMENTO, SOBRAL, *et al.*, 2015), os resíduos sólidos urbanos podem ser tratados por meio de técnicas como: gaseificação, pirólise, incineração, plasma, compostagem, reciclagem e digestão anaeróbica. Estes tratamentos apresentam algumas vantagens e desvantagens e podem ser utilizados paralelamente. Com isso, (ANDRADE e FERREIRA, 2011), destacam que independentemente do tratamento ou técnica a ser utilizada, é necessário realizar a caracterização da composição gravimétrica dos resíduos.

E conseqüentemente o tratamento e a gestão dos resíduos devem ser observados com cautela e planejamento, principalmente devido ao impacto sobre o meio ambiente, abaixo a tabela 3 apresenta os tipos de tratamentos disponíveis no Brasil.

Tabela 3 Tipos de tratamento do lixo no Brasil

Tratamentos	Processos	Evolução	Produtos	Inovação
Triagem	Físico	Coleta Seletiva, Tratamento Mecânico-Biológico (TMB).	Matéria-Prima para Reciclagem e Energia	Recuperação dos resíduos (Waste to Resources-WTR) Energia derivada dos resíduos (Waste to Energy-WTF)

Biológico	Biológico	Biodigestores, Anaeróbios, Compostagem	Composto Orgânico e Energia	Agricultura e Energia derivada dos resíduos (Waste to Energy-WTE)
Incineração	Físico-Químico	Tratamento Térmico	Vapor e Energia elétrica	Energia derivada dos resíduos (Waste to Energy-WTE)
Aterros Sanitários	Físico, Químico e Biológico	Reator Anaeróbio, Tratamento da M. Orgânica	Biogás (Energia) e lixiviado	Energia derivadas dos resíduos (Waste to Energy-WTE) e Fertilizantes
Mecânico	Físicos	Reciclagem	REEE	Separação da fração física Classificação
Térmico	Secagem; Pirólise e Gaseificação.	Incineração; Plasma	Matéria-orgânica	Gás de Síntese
Usina Gaseificadora Modular	Gaseificação	Forno Anaeróbico	Biomassa	Gás de Síntese

Fonte: Adaptado, (ARDILA, 2015).

1.4 Solução inovadora: Aproveitamento energético a partir do lixo, processo de gaseificação modular.

Na pesquisa de (KINTO, GALVÃO, *et al.*, 2002), abordam o princípio no qual estudiosos de diversos países estão empenhados em desenvolver novas tecnologias que visem substituir uma parcela razoável de combustíveis fósseis, por combustíveis alternativos. Dessa forma, (MACHADO e MORAES, 2004), destacam que não há alternativa única de tratamento e sim alternativa que podem resultar em composições mais ou menos adaptadas a uma situação. Para tanto, a ideia de utilizar o processo de gaseificação modular é produzir gás combustível a partir do tratamento do lixo (RSU) e sustentar o princípio do aquecimento dos resíduos em uma atmosfera pobre em oxigênio e sem contato com fogo, ocasionando a gaseificação dos resíduos.

Este processo chega a reduzir o volume de resíduos em 97% frente ao volume inicial e gera uma mistura de gases combustíveis (H₂, CO₂, CH₄) com pequeno percentual de gases aromáticos e como subproduto cinzas e materiais inorgânicos que não se degradam com a tecnologia utilizada (metais, vidros, entre outros). A trituração tem a intenção de diminuir o tamanho das partículas dos resíduos, de forma a aumentar a eficiência do processo. Após a trituração, o resíduo permanecerá retido em uma Moega de onde será retirado com o auxílio de uma esteira enclausurada, em seguida é transportada da unidade até o forno (reator). O controle de admissão de resíduos triturados ao forno é realizado com o auxílio de uma guilhotina automática.

O forno possui três camadas; gaseificação, queima dos gases e a camada externa, é o isolamento que evita a perda de calor do sistema.

O gás gerado no forno é direcionado a um ciclone, onde é retida as cinzas e outros materiais carregados pelo gás, e em seguida o gás passa por um filtro de carbono ativado. Em seguida o gás é dividido em duas correntes, um Booster que pressurizará o gás armazenando em um tanque, sendo direcionado ao queimador do forno, substituindo o gás liquefeito (GLP). Na segunda corrente direciona o gás gerado a um catalisador para converter todo o gás, a uma mistura composta apenas por gás carbônico e água.

Na sequência do catalisador, a corrente de gás é juntada aos gases provenientes da Câmara de Combustão do forno, não antes de esta passar por um catalisador semelhante ao existente na outra corrente. E por fim, a corrente de gás será inserida na linha de combustível do queimador da Câmara de Combustão, onde é queimada e em seguida tratada (lavador venturi, bateria de lavadores ácidos e filtro de carvão ativado), todos esses já instalados no local, sendo por fim lançados à atmosfera. Cabe salientar que a temperatura na câmara de gaseificação deverá ficar na faixa dos 600°C da câmara de pós-queima que deverá operar sempre em uma temperatura acima dos 850 °C.

Já as cinzas e os materiais inorgânicos que não se degradam com a tecnologia utilizada (metais, vidros, entre outros), são direcionados a um depósito instalado abaixo do forno da unidade. Local esse que também se encontra o depósito de líquidos percolados que são coletados na parte inferior das esteiras de transporte e em seguida, com o auxílio de uma bomba, inseridos na entrada do forno para que também passem pelo processo de gaseificação.

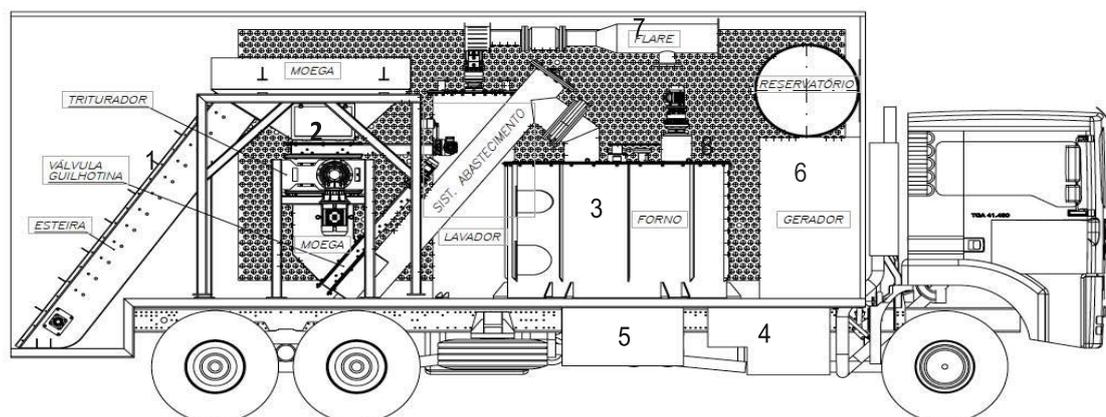
Todos os componentes e equipamentos estão conectados a um computador central, instalado na cabine do caminhão, com sistemas de controle e monitoramento das atividades intrínsecas que ocorrem no interior da UGM. Além de permitir, através de GSM/GPRS, os controladores administrativos identifiquem sua localização e atividade, tendo como finalidade promover a segurança global para o operador e a população em geral, que estará próxima ao local por onde o equipamento irá trafegar. Este computador central, é monitorado pelo operador da UGM, que terá expertise suficiente para acompanhar todas as atividades que ocorrem no interior do caminhão, e tomar as medidas cabíveis em caso de emergência. O Software aplicativo também

tem a incumbência de enviar para uma aplicação externa todas as informações a serem gerenciadas remotamente.

Todo o sistema possui válvulas de segurança para evitar possíveis acidentes. Parte do processo é submetido a combustão, para a manutenção contínua do processo e o restante é usado para movimentar uma turbina acoplada a um gerador elétrico de baixa velocidade, essa tecnologia tem baixo custo de implementação. A unidade básica tem capacidade de tratar 36/t/d de RSU, de qualquer biomassa, divididos em três turnos, 7 dias por semana, 365/d por ano com uma geração de 5 Mw. Em contribuição aos poderes públicos, agentes públicos e sociedade em geral na identificação, desenvolvimento e operação de soluções tecnológicas que atendam a eliminação do lixo urbano, a Usina Gaseificadora Modular (UGM), através da sua decomposição térmica, permiti a Geração de Energia Elétrica, veja na figura 1 abaixo;

1. **Elevador elétrico-caçamba:** transporta a Biomassa até a moega que abastece o triturador com capacidade de até 1.500 kg/h;
2. **Triturador:** Tritura os resíduos sólidos urbanos;
3. **Reator anaeróbico:** Processa o gás de Síntese gerado pelos resíduos de lixo;
4. **Lavador de gás e condensador:** Lava e desumidifica o gás gerado no reator, após esta etapa obtém o Syngas.
5. **Depósito de cinzas:** Armazena até 1m³ de cinzas gerada no forno e outros materiais;
6. **Gerador:** Geração de energia para todos os equipamentos e componentes;
7. **FLARE:** Queima os gases excedentes.

Figura 1 Caminhão representativo do processo da UGM



Fonte: Usina Gaseificadora Modular, (2019).

De acordo com (ROGOFF e GARDNER, 2015) o transporte do lixo e sua evolução permitiu a mudança do uso de caminhões convencionais para tecnológicos, que facilitou o melhor manuseamento e o menor impacto aos trabalhadores. Os caminhões de lixo foram desenhados especificamente para a coleta desde a década de 40, tornando a coleta de resíduos municipais mais eficiente. Os programas de coleta de resíduos sólidos estão evoluindo na medida em que o lixo coletado e os níveis de serviços são fornecidos aos clientes. Essas tendências estão as tensões de “fazer mais com menos” por prestadores de serviços públicos e privados. A tecnologia está sendo adotada por muitas agências para se tornar mais eficiente, reduzir custos aos seus clientes e reduzir os impactos.

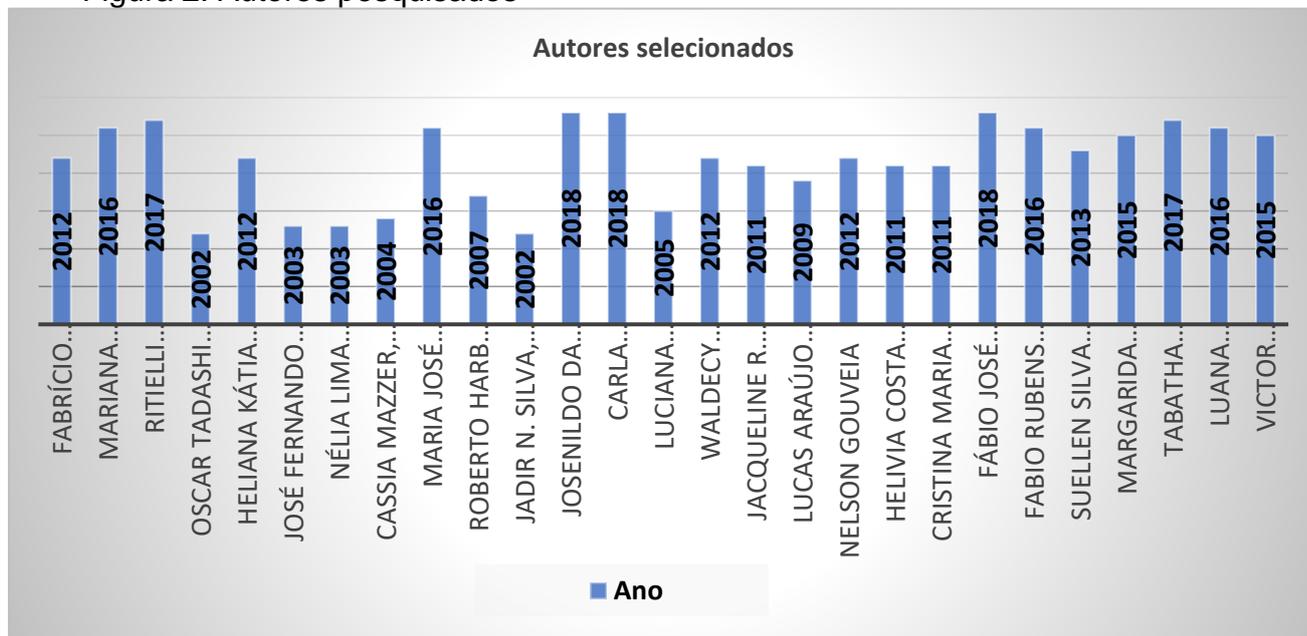
2 METODOLOGIA

Este estudo, conforme explicitado na seção introdutória, o universo de investigação envolve a Usina Gaseificadora Modular que tem por objetivo de obter o “combustível Syngas” para a geração de energia elétrica, e viabilidade econômica para sua implementação. Para isso, baseou-se em uma estratégia qualitativa de pesquisa, de caráter descritivo, (GODOY, 1995). Neste contexto, foi elaborado um questionário com questões abertas e da mesma forma aplicada aos responsáveis envolvidos com o processo da empresa.

Para a revisão bibliográfica, foi feito uma busca de artigos científicos na base de dados scielo, google acadêmico, durante um período de 4 meses, compreendidos entre fevereiro a junho de 2019 para estudos recentes sobre o aproveitamento

energético a partir do lixo. A maior parte dos artigos selecionados concentra-se nos anos de 2000 até 2018, que as seguintes temáticas, geração e coleta de RSU, cujos autores estão descritos na figura 2.

Figura 2: Autores pesquisados



Fonte: Elaborado pelo autor.

Neste contexto, foi elaborado um questionário composto de 8 perguntas e aplicado aos funcionários da empresa responsáveis pelo processo.

Tabela 4 Questionário

Questionário	O que acontece com o material coletado pela empresa?
	O que pode ser feito com o gás produzido?
	Quais os tipos de resíduos que podem ser processados?
	O custo do lixo tratado é superior aos outros tipos de tratamento existente?
	E de que forma a tecnologia poderá impactar diretamente na sustentabilidade do lixo?
	E porquê o processo adotado pela UGM trará benefícios para o meio ambiente e sociedade?
	Quais as oportunidades e desafios nesta prática quando se trata de uma tecnologia inovadora?
	Qual o maior desafio enfrentado em seu ramo de atuação?

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

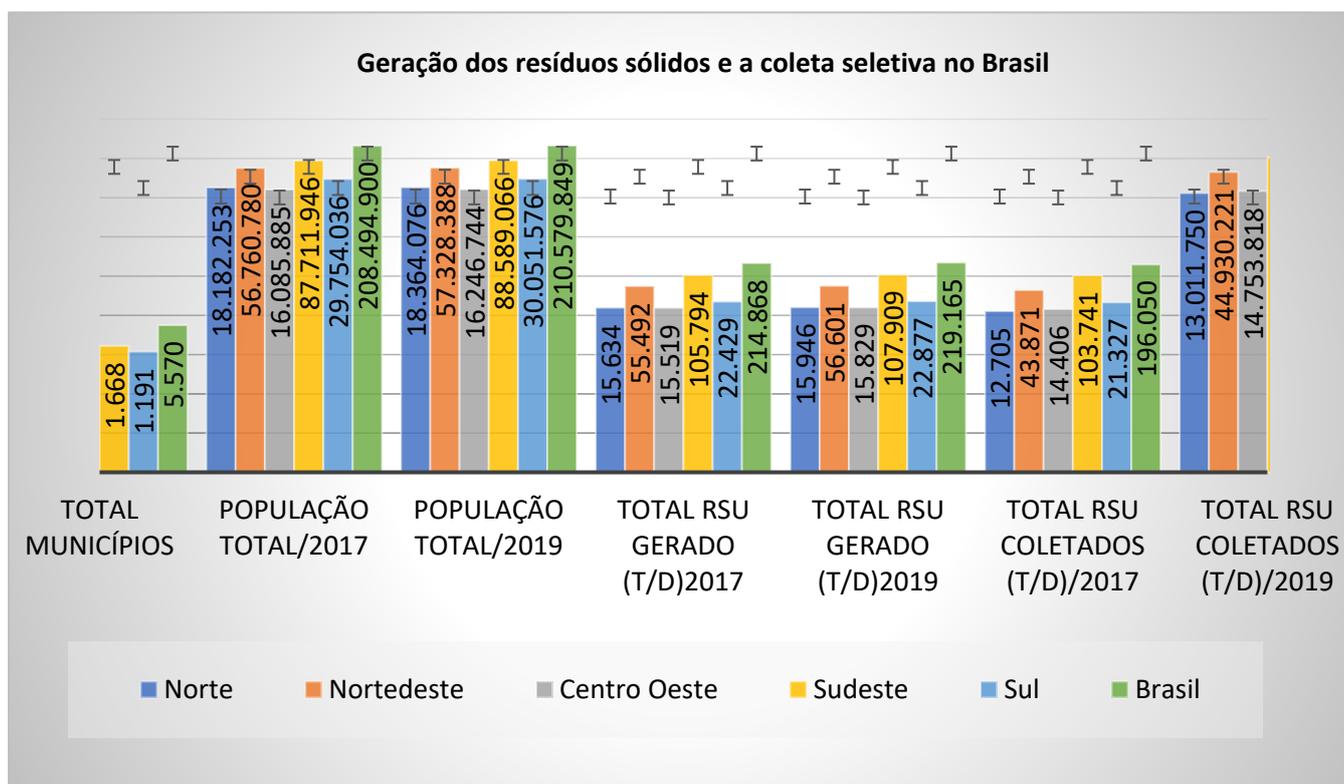
3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

3.1 Geração dos resíduos sólidos e a coleta domiciliar no Brasil

Para análise e discussão da geração dos resíduos sólidos e a coleta domiciliar, foram utilizados estudos realizados com esta temática no Brasil. Para (CAMPOS, 2012), a geração per capita e a geração dos RSU tem a ver com o desenvolvimento econômico do país. Para este ano de 2019, a figura 3 apresenta um cenário com crescimento na geração dos resíduos em todas as regiões. Com destaque para as regiões Sudeste e Nordeste por concentrarem maior contingente populacional e consequentemente maior geração de resíduos. Em contrapartida, os resíduos coletados nas duas regiões são inferiores ao que são gerados.

Fonte Elaborado pelo autor.

Figura 3 Análise dos resíduos sólidos no Brasil



3.2 Usina Gaseificadora Modular a solução inovadora

A análise a seguir apresentada na tabela 5 foram coletadas através dos questionários apresentados aos funcionários da empresa. A tabela compara os custos dos serviços de limpeza urbana entre a tecnologia da UGM com os meios tradicionais, que resumem basicamente em: (i) operação e manutenção dos veículos e equipamentos de coleta e transporte (Exemplo: combustível, pneus, lubrificantes, licenciamento e IPVA, seguros, depreciação, etc.); (ii) mão de obra de operação e administração (salários, leis sociais e benefícios); (iii) uniformes e equipamentos de segurança individuais (EPI). Destaca-se vantagens da tecnologia por tratar e a dispor

os resíduos e, também por utilizar o gás gerado no processo em todo o percurso da coleta como combustível.

Tabela 5 Resultado econômico da tecnologia UGM

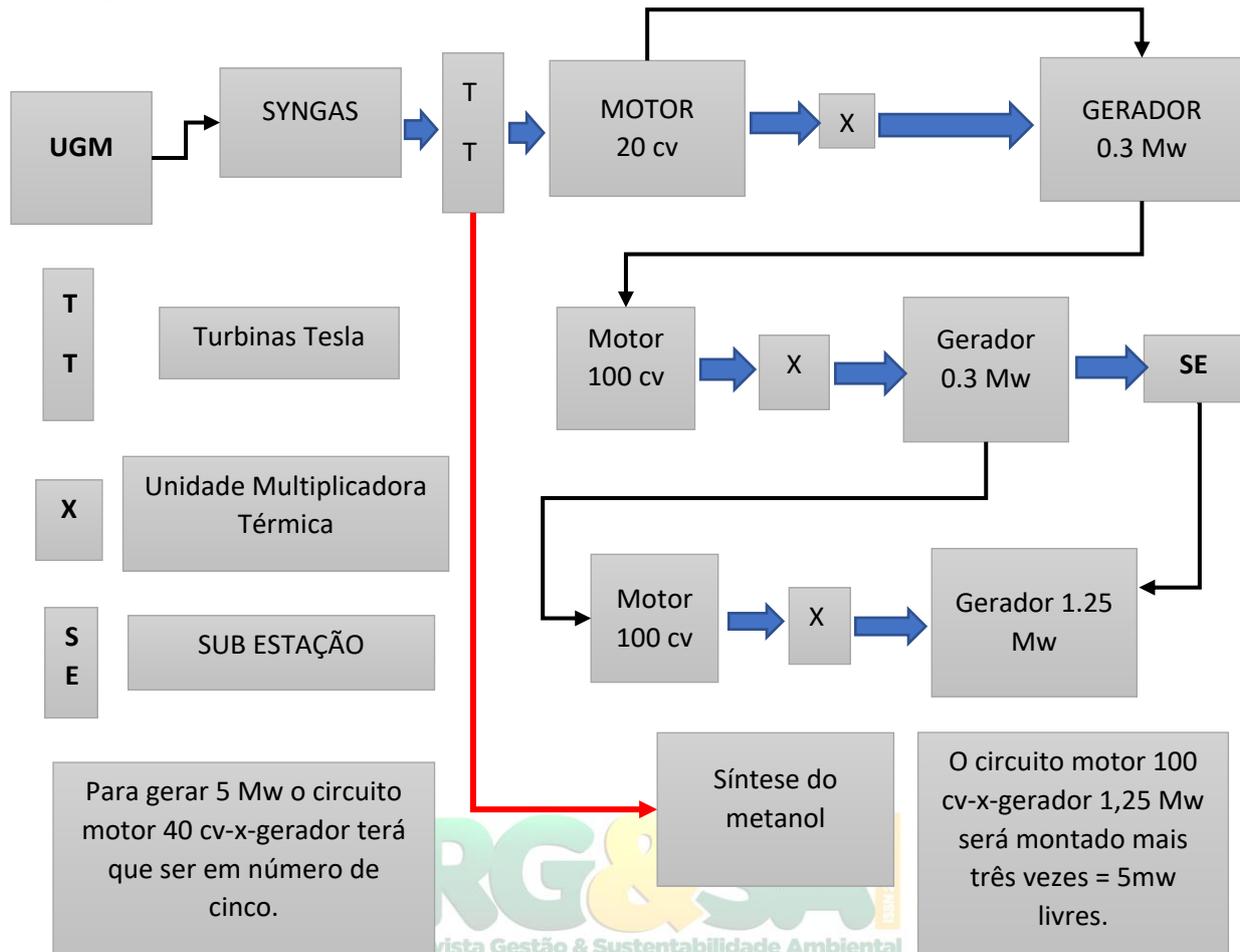
Descrição dos Itens	R\$ - Caminhão UGM	R\$ Caminhão Tradicional
Receita Bruta (Principais)	361.842	222.768
Coleta e Transporte de Resíduos Sólidos de Saúde - RSS	243.594	162.396
Tratamento/Descontaminação e Disposição de Resíduos	90.558	60.371
Gás Combustível	17.160	0
Cinzas	10.530	0
(-) Dedução sobre vendas (Impostos)	-29.490	-18.156
Receita Líquida	332.352	204.162
(-) Custos (Direitos) Produtos e serviços	-143.534	-124.980
Despesas com Pessoal (Coleta de Resíduos)	-84.173	-63.391
Combustível (Caminhão)	0	-13.268
Pneus (Caminhão)	-718	-1.076
Lubrificação e Lavagens (Caminhão)	-468	-702
Manutenção (Caminhão)	-11.250	-5.100
Licenciamento, Seguros e IPVA (Caminhão)	-3.466	-1.617
Tratamento / Descontaminação e Disposição de Resíduos	0	-27.612
Depreciação /Amortizações (Caminhão)	-26.300	-7.633
Custo Capital Investido (Caminhão)	-15.960	-4.580
(-) Despesas administrativas gerais	-21.460	-21.470
Margem de contribuição (Bruta-EBIT)	167.368	58.162

Fonte: Usina Gaseificadora Modular (2019).

A análise econômica da tabela acima, destaca-se a geração do gás combustível com 300 m³ por turno comercializável as distribuidoras de combustíveis a R\$ 1,10 por m³, a energia 1,5 Megawatts por hora comercializáveis a R\$ 150, 00 MW as cinzas 270 kg por turno comercializáveis a 0,50 kg. O diesel zero de custo de consumo, pois representa uma economia de R\$ 255,15 de litros por turno, isto é, 135 litros comparativamente com os gastos dos caminhões de coleta e compactação de resíduos tradicionais, a tecnologia da UGM é alimentada pelo próprio gás gerado, os lubrificantes, pneus e lavagem totalizam 40% de redução de gastos de consumo, outra vantagem é não precisar destinar os resíduos em aterros sanitários.

A figura 4 apresenta de forma ilustrativa o fluxograma da geração de energia a partir do lixo (Biomassa). Como resultado, produz gases que inicialmente são lavados e como resultado final é obtido o Syngas constituído de Metano (CH₄), Monóxido de Carbono (CO₂) e Hidrogênio (H₂). O Syngas gerado pode ser utilizado para outros fins inclusive na síntese do metanol, veja abaixo;

Figura 4 Produção do Syngas



Fonte: Usina Gaseificadora Modular (2019).

Os dados aqui apresentados e discutidos permitem conferir o estágio de evolução do tratamento de resíduos no Brasil e os desafios existentes para o cumprimento das determinações da PNRS. O que se observa através dos dados apresentados é que não existe uma perspectiva de diminuição em termos absolutos ou do valor per capita da geração dos RSU no Brasil, e este fato já contradiz com a hierarquia da gestão de resíduos recomendada pela PNRS. De acordo com a PNRS deve-se priorizar a redução dos resíduos, antes de seu reaproveitamento e reciclagem. A coleta dos resíduos é um dos itens do sistema de limpeza urbana que alcançou um alto percentual de abrangência, principalmente nas áreas urbanas. No entanto, precisa ser ampliada para atingir a universalização. Com relação ao tratamento dos RSU ainda é bastante incipiente, pois além dos custos de implantação, operação e manutenção de uma unidade de tratamento, incluem os gastos relativos à execução de obras civis, aquisição de equipamentos, e projetos executivos e taxas de licenciamento.

4 Considerações Finais

É inegável que houve avanços no gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos no Brasil, porém, não foi suficiente para que as mudanças propostas pela PNRS fossem cumpridas e para que se estabeleça uma gestão eficaz e sustentável ao meio ambiente e sociedade.

A maior parte dos municípios brasileiros tem dificuldades para atender a Lei da PNRS, que recomenda a disposição dos resíduos em aterros sanitários depois de esgotada todas as possibilidades de seu reaproveitamento. Neste sentido, a tecnologia apresentada proporciona baixo custo, não produz impactos ambientais, leva à produção de energia verde, e promove a inclusão social. Para a implementação desta tecnologia de modo a atender aos municípios não é necessárias grandes estratégias de negócios, como também de altos investimentos, nesse contexto as parcerias públicas privadas são essenciais para melhorar os problemas da gestão de resíduos.

REFERÊNCIAS



ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. Associação Brasileira de Resíduos Sólidos no Brasil. São Paulo, p. 1-74. 2017.

AMBIENTE, M. M. Guia para elaboração dos Planos de Gestão de resíduos sólidos. **https:**
[//www.mma.gov.br/estruturas/srhu_urbano/_arquivos/guia_elaborao_plano_de_gest_o_de_resduos_rev_29nov11_125.pdf](https://www.mma.gov.br/estruturas/srhu_urbano/_arquivos/guia_elaborao_plano_de_gest_o_de_resduos_rev_29nov11_125.pdf), Brasília-DF, 2011.

ANDRADE, R. M. D.; FERREIRA, A. A gestão de resíduos sólidos urbanos no Brasil Frente às questões da Globalização. **Rede Revista eletrônica do Prodem**, v. 6, n. 1, p. 7-22, Março 2011.

ARDILA, C. **Gaseificação da Biomassa para a Produção de Gás de Síntese e Posterior Fermentação para Bioetanol: Modelagem e Simulação do Processo**. Universidade Estadual de Campinas. Campinas. 2015.

BERTICELLI, R.; PANDOLFO, A.; KORF, E. P. Gestão integrada de resíduos sólidos urbanos perspectivas e desafios. **Gestão sustentável ambiental**, Florianópolis, v. 5, n. 2, p. 711-744, outubro-março 2017.

BORGES, F. Q.; BORGES, F. Q.; FERREIRA FILHO, H. R. Modelo de Indicadores de Sustentabilidade de Energia Elétrica para o Setor comercial paraense. **XXXVI Encontro da ANPAD**, Rio de Janeiro, 22-26 Setembro 2012. 15.

BRINGHENTI, J. R.; GÜNTHER, W. M. R. Participação social em programas de coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos. **Engenharia Sanitária Ambiental**, Vitória, v. 16, p. 421-430, Agosot 2011. ISSN 4.

BROLLO, M. J.; SILVA, M. Política e Gestão Ambiental em Resíduos Sólidos. Revisão e Análise sobre a atual situação no Brasil. **21 Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, São Paulo, Janeiro 2001. 1-28.

CAMPOS, H. K. T. Renda e evolução da geração per capita de resíduos no Brasil. **Engenharia Sanitária Ambiental**, Brasília, v. 17, p. 171-180, Agosto 2012. ISSN 2.

FREITAS, J. D. S.; FREITAS, J. D. S. Matriz energética amazônica: Convencional ou Renovável? **Revista Observatório de la Economía Latinoamericana**, Blumenau, p. 1-8, Dezembro 2018.

GODOY, S. Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades. **Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 57-3, 1995.

JUCÁ, J. F. et al. **Análise das Diversas Tecnologia de Tratamento e Disposição Final de Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão**. Universidade Federal de Pernambuco Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. Jaboatão dos Guararapes. 2014. (978-85-60917-36-5).

KINTO, T. et al. Energia da gaseificação de biomassa como opção energética de desenvolvimento limpo. **Scielo Proceeding**, São Paulo, p. 1-6, 2002.

LEITE, J. R. M.; BELCHIOR, G. P. N. **Resíduos Sólidos e Políticas Públicas Diálogo entre Universidade Poder Público e Empresa**. Florianópolis. 2014.

LOPES, M. ; TAQUES, H. O desafio da energia sustentável no Brasil. **Revista cadernos de Economia**, , Chapecó, v. 20, p. 71-96, 2016.

MACHADO, L.; MORAES, L. R. S. RSSS: Revisitando as soluções adotadas no Brasil para tratamento e disposição final. **Engenharia sanitária e ambiental**, v. 9, p. 55-64, jan/mar 2004. ISSN 1.

MAZZER, C.; CAVALCANTI, A. Introdução à Gestão Ambiental de Resíduos. **Infarma**, v. 16, 2004. ISSN 11-12.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Inventário Energético dos Resíduos Sólidos Urbanos**. Minas e Energia. Rio de Janeiro. 2014.

NASCIMENTO, F. et al. Evolução e desafios no gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos no Brasil. **Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, Taubaté, v. 10, n. 4, p. 889-902, 27 Abril 2015.

NASCIMENTO, F. et al. Evolução e desafios no gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos no Brasil. **Ambiente & Água**, Taubaté, v. 10, p. 889-902, Outubro 2015. ISSN 4.

PEREIRA, S.; CURI, R. C. Modelos de gestão integrada dos resíduos sólidos urbanos a importância dos catadores de materiais recicláveis no processo de gestão ambiental. **Scielo Books**, Campina Grande, p. 149-172, 2013.

R. JACOBI, P.; BESEN, G. R. Gestão de Resíduos Sólidos na região metropolitana de São Paulo. **São Paulo em Perspectiva**, São Paulo, v. 20, n. 2, p. 90-104, abril 2006.

REIS, F.; CONTI, D.; CORRÊA, M. Gestão de Resíduos Sólidos: Desafios e Oportunidades para a cidade de São Paulo. **RISUS- Journal on Innovation and Sustainability**, São Paulo, v. 6, n. 2015, p. 77-96, dezembro 2015. ISSN 3.

RODRIGUES, C. M. C.; DANTAS, C. A perspectiva discente sobre os resíduos sólidos em uma escola do semiárido nordestino. **Ambiente e Educação**, Ceará, v. 23, 2018. ISSN 1.



RODRIGUES, W.; SANTANA, C. Análise econômica de sistemas de gestão de resíduos sólidos urbanos: o caso da coleta de lixo seletiva em Palmas, TO. **Brasileira de Gestão Urbana**, v. 4, p. 299-312, Julho-Dezembro 2012. ISSN 2.

ROGOFF, ; GARDNER, R. MSWMANAGEMENT. www.mswmanagement.com, p. 5, Junho 2015. Acesso em: 15 2019 2019.

SILVA, J. N.; SOBRINHO, J. C.; SAIKI, E. T. Utilização de biomassa na secagem de protos agrícolas via gaseificação com combustão adjacentes dos gases produzidos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, p. 405-411, maio-agosto 2004. ISSN 2.

SOARES, F. R.; MIYAMARY, E. S.; MARTINS, G. Desempenho ambiental da destinação e do tratamento de resíduos sólidos urbanos com reaproveitamento energético por meio da avaliação do ciclo de vida na central de Tratamento de Resíduos-Caieiras. **Scielo**, v. 22, p. 993-1003, Outubro 2017. ISSN 5.