

**ESTUDO DO POTENCIAL ENERGÉTICO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS
DOMICILIARES BRASILEIROS A PARTIR DA SUA COMPOSIÇÃO
GRAVIMÉTRICA**

DOI: 10.19177/rgsa.v9e012020616-630



Érica Bento Sarmiento¹

Deyvison Souza Rodrigues²

Renata de Almeida³

Juliana Tófano de Campos Leite Toneli⁴

Graziella Colato Antonio⁵



RESUMO

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) do Brasil objetiva promover a gestão integrada e o gerenciamento dos resíduos sólidos, de modo a assegurar um destino final ambientalmente adequado. A disposição dos resíduos sólidos domiciliares (RSD) é um desafio na maior parte dos municípios brasileiros, muitas vezes efetuada sem tratamento prévio, com inúmeros impactos ambientais negativos. Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi analisar o potencial energético dos RSD do Brasil, a partir do atual cenário do gerenciamento desses resíduos. O estudo foi feito a partir da estimativa do potencial energético das principais frações combustíveis que compõem os RSD brasileiros, combinando-se informações obtidas da literatura. A fração mais significativa é de matéria orgânica, seguida de recicláveis e por fim rejeitos, com cerca de 51%, 35%, e 14% respectivamente. Com intuito de mostrar os benefícios econômicos e ambientais que esse tipo de resíduo apresenta como recurso, o tratamento é uma alternativa para a demanda de energia que a cada dia aumenta, como solução já que os recursos naturais tendem a esgotar.

Palavras-chave: Poder calorífico. Incineração. Recuperação alternativa.

¹ ² ³ Discentes do Programa de pós-graduação em Energia. Universidade Federal do ABC. engericabento@gmail.com, rdeyvison@yahoo.com.br, renataa056@gmail.com.

⁴ ⁵ Professoras do Programa de pós-graduação em Energia. Universidade Federal do ABC. juliana.toneli.ufabc@gmail.com, graziella.colato@ufabc.edu.br.

STUDY ON THE ENERGY POTENTIAL OF BRAZILIAN HOUSEHOLD SOLID WASTE FROM ITS GRAVIMETRIC COMPOSITION

ABSTRACT

Policy National Solid Waste Brazil's (PNRS) to promote integrated management and solid waste management to ensure an environmentally sound final destination. Disposal of household solid waste (RSD) is a challenge in most Brazilian municipalities, often untreated, with numerous negative environmental impacts. In this context, the objective of this study was to analyze the energy potential of RSD in Brazil, from the current scenario of waste management. The study was made by estimating the energy potential of the main fuel fractions that make up the Brazilian RSD, combining information obtained from the literature. The most significant fraction is organic matter, followed by recyclables and finally tailings, with about 51%, 35% and 14% respectively. In order to show the economic and environmental benefits that this type of waste has as a resource, treatment is an alternative to the increasing demand for energy as a solution as natural resources tend to deplete.

Key words: calorific value. Incineration. alternative recovery.



1 INTRODUÇÃO

A geração de Resíduos Sólidos no Brasil está ligada ao estilo de vida orientado para o consumo e o uso excessivo de embalagens, típico do modelo de comportamento dos países desenvolvidos para os em desenvolvimento como resultado de suas atividades humanas.

Atualmente a disposição final dos resíduos é um problema, muitas das vezes efetuada sem tratamento prévio tem resultado em graves danos ao meio ambiente a saúde e o bem-estar da população, além de provocar gastos financeiros significativos para sanar não mais um só problema, mas, vários outros decorrentes.

A preocupação com a gestão adequada dos resíduos sólidos é tema dos mais diversos fóruns de estudo e debate do país. A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) do Brasil é o instrumento legal que fomenta essas discussões, pois a mesma objetiva promover a gestão integrada e o gerenciamento dos resíduos sólidos, de modo a assegurar um destino final ambientalmente adequado, determina a elaboração de planos de gerenciamento nos níveis municipal, estadual, regional e

nacional. Determina também que empresas elaborem planos de gerenciamento, a implantação de logística reversa e coleta de recicláveis.

A PNRS define a coleta como uma das atividades integrantes do gerenciamento de resíduos sólidos. A Lei 12.305/10, em seu artigo terceiro, afirma que o gerenciamento de resíduos sólidos diz respeito

“ao conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos, exigidos na forma desta Lei.”

A composição e a quantidade dos resíduos podem variar de uma localidade para outra em função de alguns fatores como, tipo de atividade produtiva local, nível socioeconômico, sazonalidade de ocupação, existência de coleta seletiva e de ações governamentais de conscientização a redução da geração de resíduos e hábitos nutricionais.

Segundo a FEAM (2019) o estudo gravimétrico é constituído por composição gravimétrica, geração per capita e peso específico dos RSU de um município, a análise gravimétrica apresenta as porcentagens das várias frações que compõem os resíduos, tais como, papel, papelão, madeira, couro, plástico, matéria orgânica, metal, vidro e borracha.

A PNRS incentiva o uso de tecnologias para recuperar energia dos resíduos sólidos urbanos. Uma vez que capturar o potencial energético contido nestes resíduos é uma forma fundamental de reduzir os gases de efeito estufa (GEE) e contribuir com o meio ambiente. A queima de biogás em aterro sanitário, em motores de combustão interna e incineração de resíduos sólidos são opções sugeridas, desde que seja assegurada a sua viabilidade técnica e ambiental.

O objetivo deste estudo foi analisar o potencial energético dos RSD do Brasil, a partir do atual cenário do gerenciamento desses resíduos com intuito de mostrar os benefícios econômicos e ambientais que esse tipo de resíduo apresenta como recurso, assim como uma alternativa para a demanda de energia que a cada dia aumenta, como solução já que os recursos naturais tendem a esgotar.

2 METODOLOGIA

O presente trabalho caracteriza-se por ser um estudo de levantamento bibliográfico sobre o tema. A pesquisa foi feita nas principais plataformas de dados públicos considerados confiáveis, foram utilizadas como fontes de referências: Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) do Ministério das Cidades, Estudos do Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) do Ministério do Meio Ambiente, Panoramas dos Resíduos Sólidos no Brasil da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE) e Balanço Energético Nacional da Empresa de Pesquisa Energética (EPE).

Foram critérios de exclusão, artigos e dados anteriores ao ano de 2014. Neste contexto, haviam muitos artigos para regiões e cidades, o que dificultou a seleção dos mesmos uma vez que esse trabalho engloba todo o País. Os dados encontrados na maioria dos órgãos públicos associados ao tema eram desatualizados, foi preciso concentrar o maior número de dados possíveis para que fosse feita a contextualização do cenário atual.

Quanto a composição gravimétrica dos resíduos coletados no Brasil utilizamos a estimativa da composição gravimétrica publicada no Plano Nacional de Resíduos Sólidos.

Escolhemos para a simulação do aproveitamento energético dos resíduos o processo de incineração, utilizou-se como base a quantidade de resíduos coletada 196.050 ton/dia (ABRELPE, 2018). Como a energia que é gerada no processo de combustão é térmica, para a conversão em elétrica usamos a eficiência de conversão de 27% a mesma que opera a incineradora da empresa Valorsul de Lisboa em Portugal (DRUDI, 2017).

Para a recuperação energética dos Resíduos Sólidos via processo de incineração, é importante conhecer o poder calorífico inferior (PCI) que é encontrado a partir de relações matemáticas, nesse estudo usamos o modelo desenvolvido por DRUDI *et al*, (2019) que permite estimar o PCI dos RSU com base nas frações dos componentes combustíveis e no teor de umidade, conforme Equação 1.

$$PCI_u = [(15,420 + 19,14 S + 32,68P_l + 8.33P_a + 21,51T) \times (1 - W_u)] - (2.442 \times W_u) \quad (1)$$

Em que:

PCI_u = Poder calorífico inferior base úmida (MJ/kg)

O: fração orgânica (restos de alimentos + podas) no nosso caso consideramos os resíduos sanitários (S)+ fraldas nessa fração $\left(\frac{\text{kg da fração}}{\text{kg total}}\right)$

Pl: Plásticos $\left(\frac{\text{kg da fração}}{\text{kg total}}\right)$

Pa: Papel e papelão $\left(\frac{\text{kg da fração}}{\text{kg total}}\right)$

T: tecidos $\left(\frac{\text{kg da fração}}{\text{kg total}}\right)$

Wu: umidade em base úmida $\left(\frac{\text{kg da fração}}{\text{kg total}}\right)$

A umidade das frações adotada foi 47,7% que foi o valor encontrado por Drudi (2017) em seu estudo dos resíduos de Santo André SP.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4



3.1 Composição gravimétrica

Na literatura são apresentados diferentes métodos para determinar a composição gravimétrica dos resíduos sólidos, alguns modificam conforme a realidade de sua região, mas a maior parte com base no quarteamento da amostra, conforme a NBR10007/2004.

Este método consiste em um processo de divisão de uma amostra pré-homogeneizada em quatro partes iguais, sendo que duas partes opostas são tomadas para constituir uma nova amostra, descartando-se as partes restantes para então, serem misturadas totalmente e repetir o processo de quarteamento até obter o volume desejado (ABNT, 2004).

A Composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos segundo estimativa do PNRS, conforme Tabela 1, com dados de coleta fornecidos pela ABRELPE (2018).

Tabela 1. Composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos segundo estimativa do PNRS.

Resíduos	Percentual (%)	Quantidade (t/dia)
Material Reciclável	31,9	62.539,95
Metals	2,9	5.685,45
Papel, Papelão e Tetrapack	13,1	25.682,55
Plástico	13,5	26.466,75
Vidro	2,4	4.705,20
Matéria Orgânica	51,4	100.769,70
Outros	16,7	32.740

Fonte: Adaptado de Brasil (2012); ABRELPE (2018).

3.1 Gerenciamento dos resíduos domiciliares do Brasil

Dentre os vários tipos de resíduos, destacam-se os resíduos sólidos urbanos (RSU). Os RSU englobam os rejeitos domiciliares – os originários de atividades domésticas em residências urbanas, e os rejeitos de limpeza urbana – os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza pública (Brasil, 2010; TRENTIN et al, 2019)

O equacionamento adequado do tratamento a ser dado aos resíduos gerados em uma localidade ou região requer diversas informações, algumas delas fundamentais. Exemplos dessas informações são: quantidade de resíduos gerada, geração per capita; composição, onde e como é disposto, quais os impactos ambientais e sociais que os resíduos causam, quais as oportunidades que o (re) aproveitamento dos resíduos pode viabilizar (EPE, 2014).

No corrente ano o Ministério de Meio Ambiente criou o “Programa Nacional Lixão Zero” que representa um importante passo para a implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Este está inserido no âmbito da Agenda

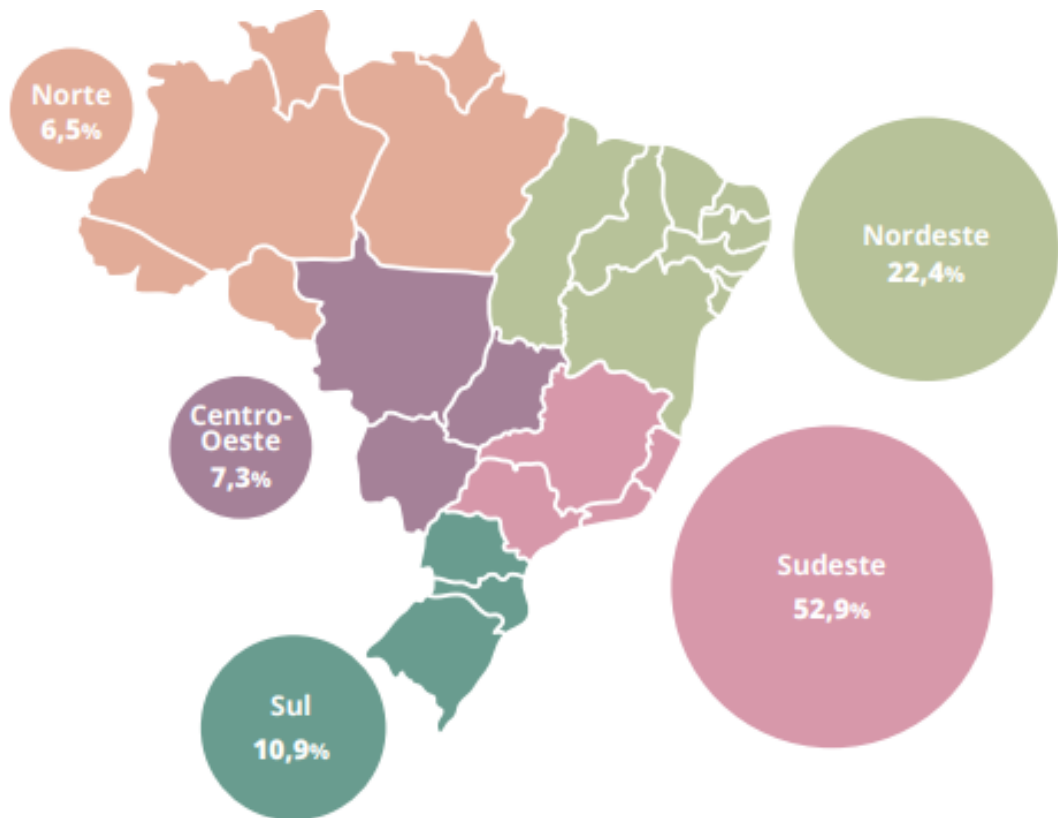
Nacional de Qualidade Ambiental Urbana e objetiva subsidiar os estados e municípios na gestão dos resíduos sólidos urbanos, com foco na disposição final ambientalmente adequada.

3.1.1 Quantidade de resíduos coletados

O diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos referente ao ano de 2017 que foi feito pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS,2019), estima-se que foram coletadas 60,6 milhões de toneladas por ano ou 166 mil toneladas por dia de resíduos domiciliares nos municípios brasileiros, o que equivale a 347 kg/hab./ano. Dados relativo às quantidades de resíduos sólidos, apontam que a massa de resíduos domiciliares e públicos coletados no ano de 2017 foi de 50,8 milhões de toneladas, que perfazem o indicador médio de coleta per capita brasileiro de 0,95 kg/hab./dia. Estes dados resultam de uma cobertura de coleta domiciliar em relação à população total de 91,7% para o ano 2017. Portanto o déficit de atendimento do serviço regular de coleta de resíduos sólidos domiciliares é de 9,9%.

Segundo a ABRELPE (2018), o Brasil possui uma cobertura de 91,24% dos serviços de coleta, na Figura 1 apresentamos a participação das regiões do país no total de resíduos sólidos coletados. Onde a maior região atendida é a Sudeste com a participação de 52,9% com uma cobertura de coleta de 98,6%, seguido da região nordeste com 22,4% e cobertura de coleta 79,06% a região sul com 10,9% tendo uma cobertura de 95,09%, Centro-Oeste 7,3% com 92,83 de cobertura e a região norte do país com menor participação (6,5%) e com uma cobertura de coleta de 81,27%.

Figura 1 – Participação das regiões do país no total de RSU coletado



Fonte: ABRELPE, 2018



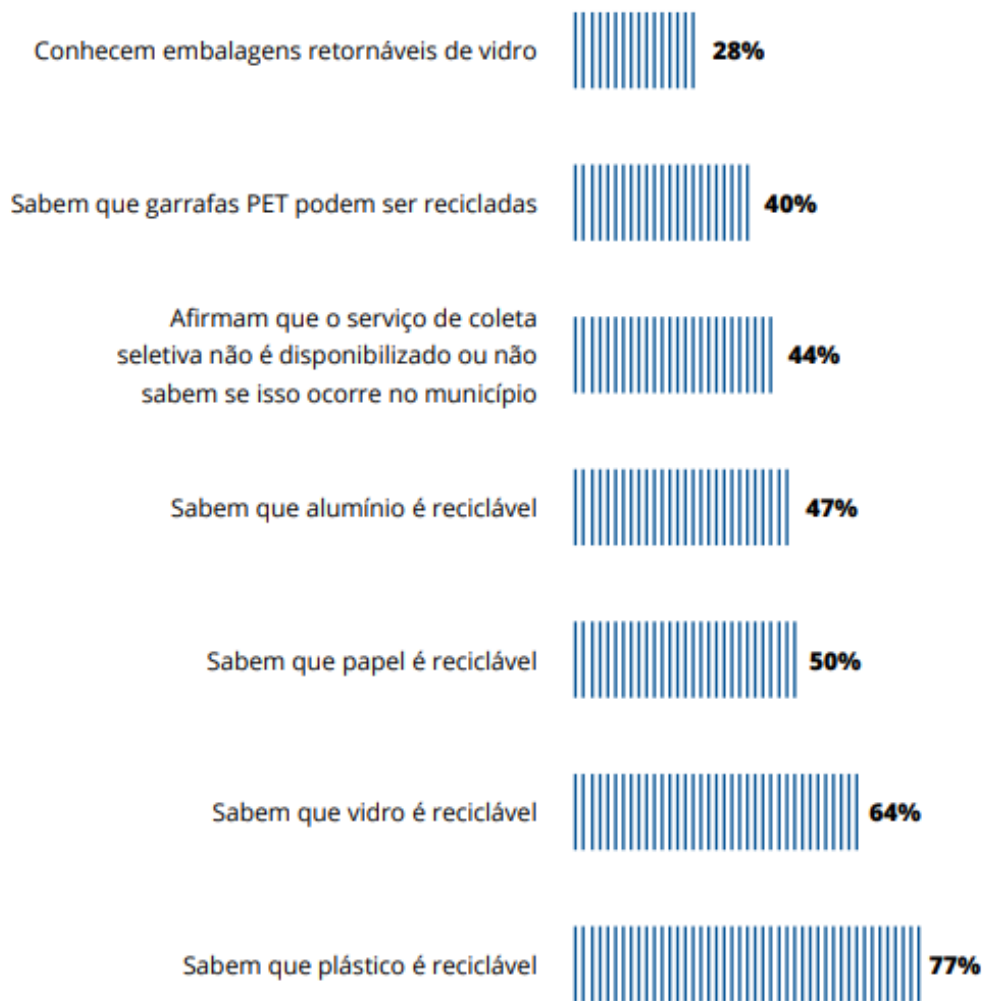
3.1.2 Resíduos recicláveis

Quanto a massa coletada de resíduos recicláveis através de coleta seletiva (SNIS, 2019) foi de apenas 13,7 kg/hab./ano, equivalente a 1,5 milhão de toneladas em 2017. Ou seja, para cada 10 kg de resíduos disponibilizado para a coleta, apenas 400 gramas são coletadas de forma seletiva; fato de que a prática da coleta seletiva no país, embora apresente alguns avanços, ainda se encontra num patamar muito baixo.

Apresentada no Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, uma pesquisa de percepção do cidadão a respeito de resíduos e reciclagem, realizada pelo Ibope (Figura 2), revela que 75% dos brasileiros não separam seus resíduos em casa, e uma das possíveis razões que levam a isso é a falta de informação, já que 66% dos entrevistados afirmaram saber pouco ou nada a respeito de coleta seletiva. E menos da metade da população diz saber que alumínio, papel e PET são materiais recicláveis.

Esse cenário, que parece estar distante das determinações legais e orientações para que se priorizem ações de reaproveitamento e reciclagem, também reflete a situação da coleta seletiva nos municípios, que segue sem avançar e, segundo os dados do Panorama, apenas 70% das 5.570 cidades contam com alguma iniciativa.

Figura 2 – Percepção dos Brasileiros com relação aos resíduos



Fonte: Ibope; ABRELPE 2018.

Os materiais possíveis de reciclagem encontrados nos resíduos sólidos urbanos se destacam o papel, o vidro, os plásticos e o metal. O alumínio representa o maior percentual de reciclagem cerca de 97,9% deste resíduo é reciclado, mantendo a liderança mundial nas atividades de reciclagem seguido pelo Japão com 77,1% e Estados Unidos com 64,3%. A reciclagem do papel apresenta o segundo maior índice de reciclagem, conforme dados da Associação Nacional dos Aparistas de Papel, que atinge 63,4%.

O plástico apresenta a maior dificuldade da reciclagem devido ao baixo valor agregado e a expressiva quantidade de resíduos necessária para a obtenção de lucro, apesar da possibilidade de reciclagem e do alto impacto ambiental, principalmente nos oceanos.

O volume de plástico produzido no Brasil é muito expressivo já o índice de reciclagem deste produto é baixo, 13,5% do total de resíduos produzidos anualmente no país são de plásticos, o equivalente a 10,5 milhões de toneladas. Dos diversos tipos de plásticos produzidos no Brasil, o PET é o que apresenta o maior índice de reciclagem, chegando a 51% do total produzido. Segundo levantamento do Sindicato Nacional das Empresas de Limpeza Urbana (Selurb; AMARAL e RODRIGUES, 2018) aponta que se o plástico descartado fosse reciclado, seria possível retornar cerca de R\$ 5,7 bilhões para a economia. Sabemos que é um material produzido a partir dos derivados de petróleo, que agrava diretamente o problema das mudanças climáticas, pois sua decomposição pode levar séculos, causando muitos impactos, a melhor alternativa para reduzir os danos é a redução de seu consumo, como já vem sendo feito em diversos países que proíbem ou inibem o uso de copos descartáveis, canudos, embalagens com envoltórios plásticos, dentre outros. Por sua vez o vidro, apesar de ser um material 100% reciclável, os dados sobre reciclagem deste material no país são imprecisos e variam entre 45% a 49%. O baixo custo de produção a partir da matéria-prima e o baixo valor agregado deste produto para os catadores e cooperativas de reciclagem, o torna um material com pouco investimento que incentivam sua reciclagem, havendo mais iniciativas de reaproveitamento do material, o que ainda é inexpressivo diante da quantidade produzida anualmente (AMARAL, 2018).

3.1.3 Quanto à disposição dos resíduos

Quanto à disposição das 60,6 milhões de toneladas de resíduos coletados em 2017, o diagnóstico aponta que 64,2% foram dispostos em 640 aterros sanitários, 8,1% em 576 aterros controlados e 9,8% em 1.091 lixões. No tocante à disposição final adotada, 2.049 municípios (36,8%) encaminham para aterros sanitários – disposição adequada; e 30,1% encaminham de forma ambientalmente inadequada: 1.067 (19,2%) municípios encaminham para lixões e 607 (10,9%) para aterros controlados, restando então a parcela de 1.847 (33,1%) municípios sem informação (SNIS,2019).

3.1.4 Quanto à valorização dos resíduos

Referente à valorização (SNIS,2019), o diagnóstico levantou que 3 milhões de toneladas de resíduos domiciliares coletados foram recebidas em 991 unidades de triagem e 246,4 mil toneladas foram recebidas em 68 unidades de compostagem. Assim, a presença de 1.667 unidades de disposição final inadequada por aterro controlado ou lixão – para onde 17,9% da massa coletada de resíduos ainda é encaminhada; bem como a pequena parcela de resíduos encaminhados à destinação ambientalmente adequada por processos de valorização como triagem ou compostagem, refletem os desafios que o país ainda possui no tratamento e valorização dos resíduos gerados. Além desses dados que evidenciam o desafio da destinação ambientalmente adequada dos resíduos no país, outro dado que corrobora neste aspecto concerne à recuperação de recicláveis secos (papel, plástico, vidro e metais). O diagnóstico levantou um montante de pouco menos de 1,0 milhão de toneladas recuperadas, o que representa 1,65% do total de resíduos domiciliares e públicos coletados no país, ou 5,4% da massa total potencialmente recuperável de recicláveis secos, o que perfaz um índice de 7,4 kg/hab./ano de resíduos recuperados.

3.2 Potencial Energético

Sabe-se que quando o objetivo é geração de energia conhecer o potencial energético dos materiais que serão utilizados é fundamental, sendo interessante usar materiais com maior poder calorífico, como plásticos, papéis, borracha, couro, folhas secas resultantes de serviços de polda entre outros. Focamos aqui no processo de incineração das frações combustíveis de RSD. Considerando que foram coletadas 196.050 toneladas por dia de resíduos sólidos no ano de 2017 (ABRELPE, 2018).

Aplicado o modelo de DRUDI *et al.*, (2019) para estimar o potencial energético dos resíduos domiciliares do Brasil, os resultados obtidos podem ser verificados na Tabela 2.

Tabela 2. Estimativa do potencial energético dos resíduos domiciliares do Brasil

Parâmetro	Unidade	Valor
PCI	MJ/kg	6,25
Quantidade coletada de RSD	t/dia	196.050
Eficiência de conversão	%	27
Energia elétrica gerada	GWh/dia	91.9

Fonte: Elaborado por Autores

O PCI encontrado de 6,25 MJ.kg⁻¹ é considerado aceitável e viável para o processo de incineração. Considerando-se a coleta indiferenciada, onde todos os resíduos coletados foram destinados ao processo de incineração, que foi também o nosso caso, Silva *et al.* (2019) fez a estimativa do potencial de recuperação energética de resíduos sólidos urbanos e foi obtido (via simulação) valor médio para o PCI de (6,50±1,29) MJ.kg⁻¹.

O consumo de energia elétrica no país aumentou 1,1% no ano passado (EPE, 2018) sendo atualmente de 467.161 GWh. A população do país é de pouco mais de 210 milhões de habitantes (IBGE, 2019), considerando a média de 3,22 habitantes por residência teremos aproximadamente 65.217.400 residências, com a quantidade de energia elétrica gerada daria para abastecer 12.829.579,2 residências por dia (cerca de 2% da população total).

Nossos resultados corroboram com o que afirmam Souza *et al.* (2014) e Santos *et al.* (2019) que se a tecnologia de incineração dos resíduos sólidos fosse utilizada apenas nas 16 maiores cidades brasileiras poderia atender a 1,8% do consumo doméstico total de eletricidade em todo o país.

Dados gerados na pesquisa de Drudi (2017) fazem menção que, se fossem incineradas 750 toneladas de resíduos por dia em uma planta de combustão, levando em consideração a composição gravimétrica do município de Santo André - SP, a geração de energia elétrica nominal seria de 394 MWh de energia por dia, poderia abastecer cerca de 38.376 residências mensalmente.

A venda de energia elétrica no Brasil é de 0,39865 R\$/kWh (ANEEL, 2017). Estimada que cerca de 37 milhões por dia seria a receita obtida caso vendêssemos a

energia gerada. Corroborando assim para o desenvolvimento socioeconômico e ambiental do país, uma vez que essa tecnologia seja considerada uma opção a ser utilizada.

A gestão adequada dos RSU é essencial e a tecnologia de incineração vem para contribuir. Podemos destacar algumas vantagens da incineração dentre elas: redução da massa e do volume dos resíduos; não exige grandes áreas (só a área da usina) e maior potencial de recuperação energética em comparação às tecnologias de biodigestão anaeróbia e aterro sanitário. Não deixando de lado as desvantagens da incineração: emissão de poluentes (como CO₂, CO, SO_x, NO_x, entre outros); o custo de implantação e operação elevado (principalmente por ter que controlar a emissão de poluentes); e necessidade de pré-tratamento de resíduos com elevado teor de umidade (SILVA *et al.*, 2019).

4 CONCLUSÕES

Pode-se considerar que:

A Lei PNRS 12.305/2010 trouxe grandes desafios para o poder público, sociedade e população como um todo no que diz respeito à gestão e ao gerenciamento dos resíduos sólidos, pois a mesma prevê como essencial muitas mudanças em todos os setores.

A destinação de resíduos sólidos urbanos ainda é uma problemática presente nas cidades brasileiras. Entretanto quando devidamente coletado e processado pode se tornar uma fonte energética para o país, conforme foi apresentado.

Em relação ao perfil quantitativo, observa-se o forte expressivo da geração de resíduos recicláveis que podem ser desviados do aterro sanitário, ou seja, serem reintroduzidos na cadeia logística, mais especificamente na cadeia reversa de pós-consumo de bens recicláveis.

A parcela dos resíduos que não pode ser reciclada, é capaz de ser utilizada para fins de geração de energia devido ao seu elevado poder calorífico.

Havendo uma gestão eficiente, mesmo que a geração de RSU cresça, a fração destinada aos aterros, considerando um prazo médio de tempo, tende a diminuir.

Para que estes avanços ocorram e a PNRS seja realmente efetivada, muitas mudanças sociais, educacionais e políticas precisam ocorrer.

REFERÊNCIAS

AMARAL D. S e RODRIGUES E. R. (2018). **Reciclagem No Brasil: Panorama Atual E Desafios Para O Futuro**. FMU Centro Universitário. Disponível em: <https://portal.fmu.br/reciclagem-no-brasil-panorama-atual-e-desafios-para-o-futuro/> acesso em: 30 de Julho de 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil - 2017**. São Paulo: ABRELPE (2018).

BRASIL. (2010b) Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília.

Drudi, K. C. R, Drudi, R, Martins, G. Antonio, G.C, Leite, J.T.C. **Statistical model for heating value of municipal solid waste in Brazil based on gravimetric composition**. Waste management 87 (2019) 782-790.

Empresa de Pesquisa Energética EPE - NOTA TÉCNICA DEA 18/14 - **Inventário Energético dos Resíduos Sólidos Urbanos**, Ministério de Minas e Energia. Rio de Janeiro, 2014.

Gutierrez, A.C.G. **Caracterização da fração combustível de resíduos sólidos urbanos úmidos do município de Santo André visando seu aproveitamento energético por processos termoquímicos**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do ABC, 2016.

Ministério do Meio Ambiente –; disponível em: <https://www.mma.gov.br/agenda-ambiental-urbana/res%C3%ADduos-s%C3%B3lidos.html>; acesso em 30 de Julho de 2019.

Silva, E. R., Toneli, J. T. C. L., Bereche, R. P. **Estimativa do potencial de recuperação energética de resíduos sólidos urbanos usando modelos matemáticos de biodigestão anaeróbia e incineração.** Rev. Eng. Sanit. Ambient. vol.24 no.2 Mar./Apr. 2019 E pub May 30, Rio de Janeiro, 2019.

Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento SNIS: **Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – 2017.** – Brasil. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento - SNS - Brasília: MDR.SNS, 2019.

Trentin A.W. S., Braun A. B, Rodríguez A. L, Lopes D. A. R. **Estudo Da Composição Gravimétrica Dos Resíduos Sólidos Urbanos Em Santa Cruz Do Sul, Brasil.** **Revista De Ciências Ambientais - RCA** (ISSN 1981-8858) Canoas, v. 13, n. 1, 2019.

