



UNILAB

**UNIVERSIDADE DA INTEGRAÇÃO INTERNACIONAL DA LUSOFONIA AFRO-
BRASILEIRA - UNILAB**

**PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CURSO DE ENGENHARIA DE ENERGIAS**

SUSANNY RAFABELLA PEREIRA SOUSA

**APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS PARA GERAÇÃO
DE ENERGIA ELÉTRICA SUSTENTÁVEL**

**REDENÇÃO- CE
2023**

SUSANNY RAFABELLA PEREIRA SOUSA

**APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS PARA GERAÇÃO
DE ENERGIA ELÉTRICA SUSTENTÁVEL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à mesa examinadora, como requisito para conclusão do curso de graduação em Engenharia de Energias, da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira - UNILAB.

Orientação: Prof^a. Dra. Rejane Félix Pereira

**REDENÇÃO- CEARÁ
2023**

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Sistema de Bibliotecas da UNILAB
Catalogação de Publicação na Fonte.

Sousa, Susanny Rafahella Pereira.

S696a

Aproveitamento de resíduos sólidos para geração de energia elétrica sustentável / Susanny Rafahella Pereira Sousa. - Redenção, 2023.

Of: il.

Monografia - Curso de Engenharia de Energias, Instituto de Engenharias e Desenvolvimento Sustentável, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Redenção, 2023.

Orientador: Profa. Dra. Rejane Félix Pereira.

1. Geração de energia. 2. Energia sustentável. 3. Resíduos sólidos. I. Título

CE/UF/BSP

CDD 333.79

SUSANNY RAFAHELLA PEREIRA SOUSA

**APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS PARA GERAÇÃO
DE ENERGIA ELÉTRICA SUSTENTÁVEL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à mesa examinadora, como requisito para conclusão do curso de graduação em Engenharia de Energias, da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, UNILAB.

Aprovado em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr.^a Rejane Félix Pereira (Orientadora)

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, UNILAB

Prof.^a Dr.^a Juliana Alencar Firmo de Araújo

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, UNILAB

Me. Eduardo de Sousa Lemos

Procurador do Ministério Público junto ao Tribunal de Contas do Estado do Ceará (MP/TCE-CE)

DEDICATÓRIA

Deus sempre dedicou boas ações aos seus filhos e, aqui, encontro uma forma de dedicar-lhe, em especial, este trabalho, pois sem sua aceitação nada seria. Dedico também a minha amada mãe, Maria de Lourdes, meu exemplo de força e perseverança. Ao meu eterno guerreiro, meu pai, João Batista, in memória. A minha querida irmã, Roberta Jessica. E ao meu querido marido, Wheyne Bomfim. A minha querida orientadora, Dra. Rejane Félix. E aos meus amigos e amigas, que sempre estiveram ao meu lado no decorrer de toda faculdade, pois sem o apoio e paciência de todos não teria forças para ir em frente. Obrigada.

AGRADECIMENTOS

A Deus, em primeiro momento, pois, até aqui, me abençoou poderosamente no decorrer desta trajetória, me guiando nas escolhas que me fazem crescer a cada momento. O agradeço, infinitamente mais, por ter colocado em meu caminho a Sr.^a Maria de Lourdes Butrago, minha amada mãe, que vem, através de Deus, me possibilitando realizar os meus sonhos, ou seja, meus objetivos e idealizações.

Com grande alegria, a minha irmã Roberta Jessica, que vem fortalecendo e apoiando minhas escolhas. Ao meu querido marido, Wheyne Bomfim, que é um suporte essencial em minha formação com seu apoio e carinho. E, em especial, agradeço ao meu querido pai, João Batista Dias de Sousa, que, mesmo não estando mais presente, já tendo falecido, sempre fez seus esforços para me dar uma boa educação, priorizando sempre meus estudos, com seus conselhos e amor.

A minha querida orientadora, Dra. Rejane Félix, por sua paciência e dedicação comigo em todo processo e carinho. Agradeço aos professores pela honra de participar da banca de defesa deste trabalho.

“Prossigo para o alvo, pelo prêmio da soberana vocação de Deus em Cristo Jesus”.

(Filipenses 3.20)

RESUMO

Com o avanço tecnológico e com as questões socio ambientais contemporâneas no mundo, é notável que diversos debates acerca de um país consciente e cada vez mais sustentável tem sido pauta constante nas últimas décadas. Somado a isso, a grande emissão de gases de efeito estufa, CO₂ e CH₄ pela produção e consumo de energia per capita no mundo tem sido um indicativo de impactos nefastos no meio ambiente. No Brasil a Lei 12.305/10, que altera a Lei nº 9.605, de 12 de Fevereiro de 1998, regulamentando e instituindo a Política Nacional de Resíduos Sólidos, define os parâmetros básicos para coleta, reciclagem, destinação e conservação ambiental. Esta tem sido uma realidade discutida tanto na esfera econômica, como na esfera socioambiental, que trata dos Resíduos sólidos como uma potencial fonte de energia e como uma alternativa de projeto sustentável, e contribuidor para a redução dos efeitos gerados pelo lixo, e pela falta de cuidado do homem com o meio ambiente. Neste estudo, busca-se refletir sobre a geração de energia a partir de resíduos sólidos e suas possibilidades e desafios no que tange a sustentabilidade e no que se refere ao Brasil. Utilizando a pesquisa de base bibliográfica e documental, a fim de elucidar as questões propostas nesta investigação. Como resultados, destaca-se que no Brasil, mediante a Lei 12.305/10, é possível considerar o avanço da destinação correta dos resíduos sólidos, através da seleção, distribuição e dos processos de incineração, gaseificação, pirólise, coprocessamento e digestão anaeróbia, é notável a produção do biogás como uma fonte de energia renovável. Tornando-se, portanto, uma alternativa, mediante o processo técnico adequado, de transformação sustentável deste recurso em energia elétrica e de modo economicamente viável. Concluí-se também, enfatizando que a matriz energética no Brasil tem sido uma estratégica categoria para se pensar em alternativas, de fato possíveis, para a diminuição de danos no que trata o ambiente, e através das fontes de energias renováveis, é possível sim pensar em um Brasil sustentável e que tem avançado consideravelmente em soluções para os embates socioambientais.

Palavras chave: Brasil Sustentável. Geração de Energia. Resíduos Sólidos.

ABSTRACT

With technological advancement and contemporary socio-environmental issues in the world, it is notable that various debates regarding a conscious and increasingly sustainable country have been a constant subject in recent decades. In addition, the significant emission of greenhouse gases, such as CO₂ and CH₄, from energy production and per capita consumption worldwide has been an indicator of detrimental impacts on the environment. In Brazil, Law 12.305/10, which amends Law No. 9.605 of February 12, 1998, regulates and establishes the National Solid Waste Policy, defining the basic parameters for collection, recycling, disposal, and environmental conservation. This has been a reality discussed in both the economic and socio-environmental spheres, addressing solid waste as a potential energy source and a sustainable project alternative, contributing to the reduction of the effects generated by waste and human disregard for the environment. In this study, we aim to reflect on energy generation from solid waste and its possibilities and challenges regarding sustainability, specifically in Brazil. By employing bibliographic and documentary research, we seek to elucidate the issues proposed in this investigation. As results, it is highlighted that in Brazil, under Law 12.305/10, it is possible to consider the progress in the proper disposal of solid waste through selection, distribution, and processes such as incineration, gasification, pyrolysis, co-processing, and anaerobic digestion, where the production of biogas as a renewable energy source is noteworthy. Therefore, it becomes an alternative, through appropriate technical processes, for the sustainable transformation of this resource into electric energy in an economically viable manner. It is also concluded, emphasizing that the energy matrix in Brazil has been a strategic category for considering truly feasible alternatives to reduce environmental damage. Through renewable energy sources, it is indeed possible to envision a sustainable Brazil that has made significant advancements in solutions for socio-environmental challenges.

Keywords: Sustainable Brazil. Energy Generation. Solid Waste.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Geração de RSU no Brasil.....	23
Figura 2 - Matriz Energética Mundial	27
Figura 3 - Geração de Energia Mundial Por Fonte (%) em 2017	29
Figura 4- Matriz Elétrica Brasileira 2021	31
Figura 5- Percentual de Energia Gerada a Partir da Água no Brasil	32
Figura 6 - Usina de Incineração	40

SUMARIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
1.1 Objetivos.....	13
1.1.1 Objetivo Geral	13
1.1.2 Objetivos Especificos	13
1.2 Metodologia.....	14
2. OS RESÍDUOS SÓLIDOS E OS PARÂMETROS LEGAIS NO BRASIL	16
2.1 Definição dos Resíduos Sólidos.....	17
2.2 Classificação dos Resíduos Sólidos	20
2.3 Geração de Resíduos Sólidos no Brasil.....	20
3. GERAÇÃO DE ENERGIA NO BRASIL	26
3.1 Matriz Energética Brasileira e suas Potencialidades Econômicas e Ambientais.....	29
3.1.1 Fonte de Energia Hídrica	32
3.1.2 Fonte de Energia Solar	33
3.1.3 Fonte de Energia Eólica.....	34
3.1.4 Biomassa	35
4. GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA ATRAVÉS DOS RESÍDUOS SÓLIDOS	36
4.1 Processo de Incineração	38
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	45

1. INTRODUÇÃO

É indiscutível a importância do descobrimento da eletricidade, além, da praticidade que ela proporciona. Porém, enquanto a eletricidade está “fluindo” nas tomadas das residências e em processos industriais, ninguém, infelizmente, reconhece o grandioso valor que ela possui.

Nas últimas décadas, todavia, o planeta lembra do quão afetado ele pode ser pelo uso ineficiente das fontes de energia, que ocorrem muitas vezes por falta de conhecimento, ou fatores econômicos, de modo especial. Felizmente, vem surgindo gradativamente às novas formas de energia, sobretudo, as sustentáveis e renováveis.

Visto a importância da concepção de novas fontes, o resíduo sólido, é uma boa alternativa para a produção de energia limpa, por ter em abundância e ser produzido diariamente (SANTOS, 2009).

Com bases nos dados pesquisados, em 2020 o Brasil foi considerado um dos maiores geradores de resíduos do mundo, ocupando a quarta posição. Pode-se comprovar essa posição com o levantamento demonstrado em uma edição especial do panorama de 2020, intitulado “Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil”, elaborado pela Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública- ABRELPE.

“De acordo com dados apresentados no relatório da ABRELPE (2020), houve um notável aumento na geração de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) no Brasil durante o período de 2010 a 2019, com um crescimento de 67 milhões para 79 milhões de toneladas anuais.”

Considerando o crescimento populacional, podem-se apresentar algumas razões em um conjunto de dados que refletem a realidade para explicar o aumento na produção de resíduo. Há aproximadamente 12 anos, a produção de resíduos era bem menor, havia basicamente resíduos orgânicos, sobras de alimentos que costumavam ser aproveitados como alimentação de animais domésticos.

Porém o cenário mudou em decorrência do desenvolvimento industrial e o aumento populacional nos últimos anos, e tende a piorar, já que quanto mais desenvolvido, maior será o poder aquisitivo das pessoas, fazendo com que elas consumam mais e, por conseguinte descartem com mais facilidade (ZARO, 2018).

No Brasil, a coleta nunca foi realizada de forma seletiva, os lixos são transportados para o mesmo lugar independentemente de ser doméstico, sucatas, lixo

séptico e asséptico, lixo tóxico ou industrial todos são depositados no mesmo solo formando os lixões ou aterros sanitários.

No entanto, a busca por soluções para a redução de lixões vem ganhando motivações por fatores sociais, econômicos, ambientais e não esquecendo a infraestrutura, já que ocasiona a aglomeração de lixos em bueiros e esgotos. Uma alternativa que se tem destacado é a reciclagem, ponderando a geração de emprego e renda.

Para que o sistema de gerenciamento de resíduos funcione corretamente, é essencial implementar e aplicar planos abrangentes que abordem os diferentes tipos de resíduos, desde a sua geração até o tratamento final. É fundamental a implementação de métodos de transporte e disposição de resíduos que sejam ambientalmente seguros e adequados à natureza de cada tipo de resíduo. Dentre as técnicas recomendadas estão a reciclagem, a compostagem, o tratamento químico, a incineração, o aterro sanitário e outras tecnologias mais avançadas disponíveis.

Porém, existe alternativas, para que haja uma diminuição considerável em lixões e/ou aterros sanitários, que vem sendo exploradas no Brasil, sendo a geração de energia a partir de resíduos sólidos uma das alternativas. Uma tecnologia não muito explorada, mas que apresenta inúmeras vantagens, podendo ser utilizados apenas resíduos que não sirvam para reciclagem. Logo, o lixo deixaria de ser visto como algo que não possui mais utilidade, e passaria a ser uma riqueza a ser empreendida.

"Nos últimos anos, no Brasil, observa-se a implementação de leis e políticas que visam abordar e reduzir os impactos ambientais, conforme evidenciado por Bodnar e Vicenti (2011)."

Nesse contexto, em 2 de agosto de 2010, foi aprovada a Lei 12.305/10, que promove alterações na Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Essa legislação estabelece a Política Nacional de Resíduos Sólidos, definindo diretrizes essenciais para a coleta, reciclagem, destinação e conservação ambiental (BRASIL, 2010). O objetivo principal não se limita apenas à coleta e remoção, mas também abrange a destinação e o tratamento adequado para cada tipo de resíduo, visando evitar problemas de saúde pública, danos ambientais e outros impactos sociais e econômicos negativos.

A geração de energia destes recursos passou a ser cada vez mais intencionalizada na proposta de um Brasil consciente e sustentável (FARRET, 2014; BORGES NETO, CARVALHO, 2012).

A Lei 12.305/10 tem como propósito principal fomentar a diminuição, a reutilização, a reciclagem e o tratamento de resíduos, com o intuito de alcançar uma disposição final que seja ambientalmente adequada, ao mesmo tempo em que contribui para o desenvolvimento de sistemas de gestão ambiental. Essa legislação busca aprimorar os processos de produção e aproveitamento dos resíduos como uma fonte de energia, com o objetivo de promover o desenvolvimento sustentável.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos, estabelecida pela Lei nº 12.305, representa um marco regulatório significativo no contexto dos resíduos, introduzindo novas alternativas para o tratamento e destinação adequada dos mesmos. Ela leva em consideração o bem-estar social da população e contribui para a política de sustentabilidade nos aspectos ambientais, sociais e econômicos da sociedade brasileira (BRASIL, 2010; STREIT, 2010).

É importante ressaltar a responsabilidade pós-consumo, considerando os impactos futuros e os riscos para a sociedade, enfatizando o princípio da responsabilidade compartilhada ao longo do ciclo de vida dos produtos.

Portanto, a utilização destes recursos na geração de energias, apresenta-se como uma estratégica possibilidade no que se refere à sustentabilidade e a superação de desafios socioambientais no Brasil, e no que se refere a uma produção consciente dos recursos disponíveis na geração de energias renováveis.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Neste estudo, tem-se por objetivo realizar uma abordagem investigativa sobre a geração de energia a partir de resíduos sólidos e suas possibilidades e desafios no que tange a sustentabilidade e no que se refere ao Brasil. Para tal, nossa abordagem será com base na pesquisa bibliográfica.

1.1.2 Objetivos Especificos

- ✓ Apresentar as principais Leis e parâmetros referentes à Política Nacional de Resíduos Sólidos no Brasil;

- ✓ Elencar os processos pelos quais os resíduos passam a ser utilizados como energia;
- ✓ Destacar a matriz energética brasileira e sua contribuição; e do que se trata a sustentabilidade no país.

1.2 Metodologia

Foi utilizada pesquisa bibliográfica como caminho científico, conforme Cesar e Cristiano (2013, p. 20) consideram, destacando este pressuposto metodológico com finalidade estratégica a fim de elucidar questões levantadas em uma proposta de investigação. Minayo (2005) diz que a revisão de literatura, através da pesquisa bibliográfica, traz a síntese de objetivos traçados e de inquietações de qualquer investigação científica. Vai-se elucidar as temáticas propostas e discutidas neste estudo.

Com bases nos dados pesquisados, considera-se o crescimento populacional um forte fator para explicar o aumento na produção de resíduos. Anteriormente a produção de resíduos era bem menor, havia basicamente resíduos orgânicos, sobras de alimentos que serviam como alimentação de animais domésticos. Porém, o cenário vem mudando em decorrência do desenvolvimento industrial nos últimos anos, e tende a agravar, já que há um aumento na população e no poder aquisitivo de muitas pessoas, fazendo com que elas consumam mais e, por conseguinte descartem com mais facilidade.

Refletir sobre a problemática oriunda da revolução industrial, e o avanço tecnológico, os desenvolvimentos urbanos e com eles, uma série de impactos ambientais que ultimamente tem influenciado amplamente o mundo do século XXI, pensar em projetos sustentáveis, o uso consciente dos recursos químicos, físicos, e biológicos já não é somente uma questão econômica, mas sim vital.

Entende-se que as questões socioambientais afetam diretamente no dia a dia da população. E deste modo, no Brasil, refletir sobre as categorias, dos resíduos sólidos, a geração de energia através do aproveitamento destes é uma estratégia possibilidade de diminuir com os danos ambientais. Ao mesmo passo que se utiliza de recursos conscientes com energias renováveis que propiciam o uso sustentável dos recursos disponíveis.

Um dos principais desafios é a complexidade da gestão e seleção adequada dos resíduos sólidos. Existem diferentes tipos de resíduos o que demanda tecnologias específicas para seu tratamento e aproveitamento energético. Além disso, a coleta seletiva e a separação adequada dos resíduos são fundamentais para garantir a qualidade e a eficiência dos processos de transformação.

Embora a energia sustentável a partir do aproveitamento de resíduos sólidos possua potencial para geração de energia, é necessário um investimento inicial em infraestrutura e tecnologia. Além disso, a obtenção de financiamento adequado e a criação de políticas públicas favoráveis são essenciais para impulsionar o desenvolvimento desses projetos.

A questão regulatória também se apresenta como um desafio importante. É necessário um marco legal e regulamentar claro e coerente para promover o incentivo ao reaproveitamento de resíduos sólidos como fonte de energia sustentável. A definição de normas de segurança, padrões de qualidade e critérios ambientais rigorosos é fundamental para garantir a proteção do meio ambiente e da saúde pública.

Apesar dos desafios, há diversas possibilidades e tecnologias disponíveis para o aproveitamento energético de resíduos sólidos. Processos como a incineração, gaseificação, pirólise e digestão anaeróbica têm se mostrado eficaz na transformação dos resíduos em energia. Além disso, a busca por soluções inovadoras, como a utilização de biogás e biometano produzidos a partir de resíduos orgânicos, amplia ainda mais as opções de aproveitamento energético.

A energia sustentável proveniente do aproveitamento de resíduos sólidos representa não apenas uma oportunidade de reduzir a dependência de combustíveis fósseis, mas também uma maneira de enfrentar os desafios da gestão de resíduos e promover a sustentabilidade ambiental. Superar os desafios mencionados requer esforços conjuntos de governos, setor privado, instituições de pesquisa e sociedade civil, visando o desenvolvimento de políticas, tecnologias e práticas adequadas para maximizar o potencial dessa fonte energética limpa e renovável.

2. OS RESÍDUOS SÓLIDOS E OS PARÂMETROS LEGAIS NO BRASIL

Trabalhar a sustentabilidade no Brasil é uma necessidade, mediante esta necessidade foram criadas diversas Leis e normas aplicáveis aos resíduos sólidos, com o intuito de proteger o meio ambiente. Os resíduos sólidos são regulamentados por parâmetros legais em diversos países, incluindo o Brasil.

No Brasil a lei de maior destaque é a Lei nº 12.305/2010, conhecida como Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), esta traz em suas diretrizes a problemática da gestão integrada de resíduos sólidos, definida como, “o conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável”. Alguns de seus principais parâmetros incluem, responsabilidade compartilhada, hierarquia de resíduos, logística reversa, licenciamento ambiental, dentre outros.

A Lei nº 9.605, de 12 de Fevereiro de 1998, regulamentando e instituindo a Gestão e Política Nacional de Resíduos Sólidos, tendo como principal objetivo não somente a coleta e o afastamento, mas a destinação e o tratamento adequado. Esta gestão evita problemas de saúde pública e problemas ambientais. Sendo uma estratégica possibilidade para se pensar em um Brasil sustentável e que vem avançando em políticas públicas para a diminuição dos danos e dos efeitos nefastos de um desenvolvimento desenfreado, que afeta diretamente o ambiente.

As premissas fundamentais em relação aos resíduos são as seguintes: evitar a sua geração sempre que possível, reduzir a quantidade produzida, reutilizar os materiais quando viável, promover a reciclagem dos resíduos, realizar o tratamento adequado e fazer o descarte correto daquilo que não pode mais ser utilizado, conhecido como rejeitos. O reaproveitamento dos resíduos deve ser realizado levando em consideração a viabilidade técnica e o cumprimento das normas ambientais.

A lei 6.938/81 de 31 de agosto de 1981 é a mais importante na proteção ambiental, ela dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente - PNMA trazendo consigo diretrizes de orientação sobre as melhores práticas, para preservação e recuperação da qualidade ambiental.

A legislação em questão tem como finalidade proporcionar condições propícias para o progresso da população, por meio da preservação do equilíbrio ecológico, da supervisão do uso dos recursos ambientais e da regulamentação de

atividades potencialmente poluidoras, entre outras medidas. Seu propósito é promover um ambiente sustentável e saudável, com o intuito de preservar os recursos naturais e melhorar a qualidade de vida da população.

Além das Leis já mencionadas, existem regulamentações específicas, como resoluções e normas técnicas, que complementam a legislação e detalham os procedimentos e critérios para a gestão adequada dos resíduos sólidos no Brasil. Alguns exemplos serão citados a seguir.

Resolução CONAMA nº 313/2002: Estabelece diretrizes para o licenciamento ambiental de atividades relacionadas à gestão de resíduos sólidos.

Resolução CONAMA nº 358/2005: Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde.

Resolução CONAMA nº 430/2011: Estabelece condições e padrões de lançamento de efluentes em corpos d'água e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos d'água.

Resolução CONAMA nº 448/2012: Dispõe sobre o controle da importação de resíduos sólidos perigosos.

Norma ABNT NBR 10.004: Estabelece critérios para a classificação de resíduos sólidos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública.

Norma ABNT NBR 12.235: Estabelece procedimentos para o gerenciamento de resíduos sólidos de serviços de saúde.

Norma ABNT NBR 15.115: Define critérios para o gerenciamento de resíduos de construção civil.

Estas são algumas regulamentações existentes, ressalta-se que normas e resoluções podem ser revisadas e sofrer alterações com o decorrer do tempo para acompanhar avanços na gestão de resíduos sólidos. Estas detalham procedimentos, critérios técnicos, responsabilidades e diretrizes para a adequada gestão dos diferentes tipos de resíduos sólidos, contribuindo para a proteção ambiental e a promoção da sustentabilidade na gestão desses materiais.

2.1 Definição dos Resíduos Sólidos

Com o tempo, o ato de consumir se tornou um comportamento comum e de grande importância na história da humanidade. Atualmente, a sociedade

transformou esse hábito em um estilo de vida, mas é importante reconhecer que o consumo excessivo contribui para agravar os problemas socioambientais existentes.

A palavra lixo, um termo popularmente conhecido e usado no meio doméstico para algo sem utilidade, que foi descartado. Porém, no meio técnico o termo correto é resíduo ou rejeito.

Para quem descarta, o resíduo é considerado sem serventia, sem valor, porém pode ter grande valia, tornando-se matéria prima para utilização em um determinado processo ou produto. Em contrapartida o rejeito é considerando um descarte sem aproveitamento, o qual não existe nenhuma possibilidade de reciclagem ou reutilização.

Entende-se que resíduo é tudo aquilo que normalmente chama-se de lixo. Portanto, são todos os materiais descartados que não possuem mais utilidades, seja matéria sólida ou semissólida produzida pelo homem e pela natureza. Contudo, parte desse descarte pode ser recuperado e reutilizado/reciclável (BRASIL, 2004).

De acordo com a Lei Nº 12.305 (2010), os resíduos sólidos são definidos como "materiais, substâncias, objetos ou bens descartados resultantes das atividades humanas em sociedade, que precisam ser destinados finalmente, estejam sendo propostos ou sejam obrigados a serem destinados, na forma sólida ou semissólida, além de gases contidos em recipientes e líquidos que, devido às suas características, não podem ser descartados na rede pública de esgoto ou corpos d'água, ou exigem soluções técnicas ou economicamente inviáveis de acordo com a melhor tecnologia disponível."

A Resolução nº 005/93 do CONAMA, em seu artigo 1º define Resíduos sólidos da seguinte maneira:

Resíduos sólidos: Resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades 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 técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível. (BRASIL, 2004, p.1)

Resíduos sólidos e semissólidos são categorias de resíduos que se encontram no estado físico sólido ou em um estado intermediário entre sólido e líquido. Essas definições são utilizadas na gestão e classificação dos resíduos de

acordo com suas características físicas. A distinção entre esses resíduos é importante para determinar os métodos de tratamento e disposição adequada para cada tipo. É importante que sejam manejados de forma segura e responsável.

Considera-se que diversas são as fontes de geração de resíduo, apesar disso, resíduos resultantes das atividades industriais e comerciais, bem como o resíduo urbano, têm tido um aumento expressivo nos últimos anos.

Além de poluir a água dos rios, que é um recurso de fundamental importância para a subsistência de todas as formas de vida, causando problemas graves de saúde pública, como, infecções e diarreias, o resíduo jogado no solo contamina a água subterrânea quando ocorre a decomposição da matéria orgânica do lixo, liberando substâncias nocivas. Ressaltando as inundações causadas pelos resíduos que entopem os esgotos, impedindo a passagem da água da chuva, anteparando o deslocamento na cidade, e a quantidade de sais usados no tratamento da água para que ela possa ser utilizada (MAZZER; CAVALCANTI, 2004).

Embora uma boa parte dos resíduos seja composta de matéria orgânica que pode ser decomposta por fungos e bactérias, a outra parte é composta por resíduos não biodegradáveis, como, por exemplo, o plástico (que é muito utilizado na cidade, como sacolas de mercantis), que leva muitos anos para decompor-se.

De acordo com Mazzer e Cavalcanti (2004, p.6), existe um aumento significativo na quantidade de materiais como blusas, calças e outros produtos fabricados com uma combinação de algodão e tecidos sintéticos. Esses materiais contribuem para a formação de uma montanha de resíduos, os quais podem levar mais de 200 anos para se decompor, deixando resíduos tóxicos no solo, na água e no ar.

É importante destacar que os resíduos sólidos apresentam diferentes características físicas, químicas e biológicas, que estão relacionadas às suas origens ou fontes de produção. Cada tipo de resíduo requer um tratamento e uma gestão adequados. O objetivo principal não se limita apenas à coleta e remoção, mas também abrange a destinação e o tratamento adequado para cada tipo de resíduo, a fim de evitar problemas de saúde pública, danos ambientais e outros impactos sociais e econômicos negativos.

Já os Resíduos Sólidos Públicos, são “aqueles originados nos serviços de limpeza urbana, como restos de poda e produtos da varrição das áreas públicas,

limpeza de praias e galerias pluviais, resíduos das feiras livres e outros” (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2002, p. 2).

Ainda referente às definições sobre Resíduos Sólidos, coexiste uma diferenciação entre estes e rejeito. Conforme destacado pela Lei Nº 12.305, é ressaltada a definição de rejeito como sendo os resíduos sólidos que, após esgotadas todas as opções de tratamento e recuperação por meio de processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não possuem outra alternativa além da disposição final ambientalmente adequada.

De acordo com Mucelim e Bellini (2007), os resíduos urbanos, especialmente quando descartados de maneira inadequada em áreas próximas a canais, ruas ou corpos d'água, podem causar diversos impactos negativos. Entre eles, destacam-se a contaminação dos corpos d'água, o assoreamento, as enchentes, além da poluição visual, o mau cheiro e a contaminação ambiental.

Com este quadro de definições, entende-se que mediante as disposições Legais e políticas públicas referentes às preocupações socioambientais no Brasil, desde 2010, as pautas sobre o uso consciente e a sustentabilidade tem sido cada vez mais ampliadas no que se refere ao uso, destino e aproveitamento dos Resíduos sólidos, e têm sido debatido por setores sociais, políticos, ambientais e ecológicos da sociedade.

2.2 Classificação dos Resíduos Sólidos

Os Resíduos sólidos podem ser classificados de várias maneiras, levando em consideração diferentes critérios. A classificação comumente utilizada é de acordo com a sua origem ou, as características físicas, químicas, qualitativas e quantitativas para a definição da destinação adequada para cada classe dos resíduos sólidos.

A seguir explana-se algumas classificações de resíduos sólidos, considerando a diversidade de materiais gerados pela sociedade. É importante ressaltar a importância da gestão adequada desses resíduos, priorizando a redução na geração, a reutilização, a reciclagem e a destinação ambientalmente correta, de forma a minimizar os impactos.

- Resíduos domésticos: São os resíduos gerados nas residências. Exemplo: embalagens de alimentos, papel, vidro, restos de alimentos, tecidos, entre outros.

- Resíduos comerciais: São os resíduos gerados em estabelecimentos comerciais, como lojas, escritórios, restaurantes, hotéis, entre outros. Exemplo: papelão de embalagens, embalagens de produtos, entre outros.

- Resíduos industriais: São os resíduos gerados em processos industriais, como sobras de materiais, embalagens, resíduos de fabricação, entre outros. Exemplo: restos de metal, plástico, vidro, resíduos químicos, entre outros.

- Resíduos de construção: São os resíduos gerados em obras de construção, reforma e demolição de edificações. Exemplos incluem restos de concreto, tijolos, madeira, telhas, vidros, entre outros.

- Resíduos orgânicos: São os resíduos de origem biológica. Exemplo: restos de alimentos, folhas, galhos, cascas de frutas, podas de jardim, entre outros.

- Resíduos inorgânicos: São os materiais que não apresentam riscos à saúde e ao meio ambiente. Exemplos: isopor, tecidos sintéticos, entre outros.

- Resíduos perigosos: São os materiais que apresentam características de inflamabilidade, toxicidade, corrosividade, reatividade ou patogenicidade, representando riscos à saúde e ao meio ambiente. Exemplo: pilhas e baterias, produtos químicos, medicamentos vencidos, entre outros.

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT NBR 10004:2004, há dois grupos de classificação, são eles:

- Resíduos classe I – Perigosos, que são aqueles que apresentam periculosidade, são materiais que apresentam riscos ao meio ambiente e à saúde pública, os possíveis causadores de danos. Apresentam características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxidade e patogenicidade. Exemplos: pilhas, baterias, lampadas fluoresecnte, dentre outros.

- Resíduos classe II – não perigosos, são divididos em dois subgrupos:

- Resíduos classe II A – Não inertes, que apresentam características de biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.

- Resíduos classe II B – Inertes, que não há qualquer alteração em sua composição conforme o tempo.

- Outros Resíduos: são aqueles coletados de residências ou decorrentes da incineração de resíduos domésticos.

2.3 Geração de Resíduos Sólidos no Brasil

No Brasil, são gerados diversos tipos de resíduos sólidos devido à diversidade de atividades econômicas e à densidade populacional. Entre os principais tipos de resíduos gerados estão os resíduos domésticos, comerciais, industriais, de construção e demolição, entre outros.

De acordo com os dados do “Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil” em 2022, a geração de Resíduos Sólidos Urbano-RSU teve uma redução em 2022, se comparado com o ano anterior, chegando aproximadamente a 81,8 milhões de toneladas/ano, enquanto 2021 teve-se uma geração aproximada de 82,6 milhões de toneladas/ano. O mesmo Panorama relata que em 2022, cada habitante produziu, em média, 381 kg de resíduo por hab/ano.

A quantidade gerada em cada região do Brasil pode variar devido a diferentes fatores, como densidade populacional, atividades econômicas predominantes e infraestrutura de gestão de resíduos. A seguir, uma visão geral dos principais tipos de resíduos gerados em cada região do país.

Na região Norte, são gerados principalmente resíduos domésticos, comerciais e de serviços de saúde. Devido à presença de atividades extrativistas e agropecuárias, como também resíduos de madeira, agrotóxicos e embalagens agrícolas.

No Nordeste, além dos resíduos domésticos, comerciais e de serviços de saúde, há uma significativa geração de resíduos industriais. Isso ocorre devido à presença de indústrias nos setores têxtil, petroquímico, alimentício. Além disso, há também a geração de resíduos da construção civil.

Na região Centro-Oeste, a geração de resíduos domésticos, comerciais e de serviços de saúde é expressiva, principalmente nas áreas urbanas mais populosas. Além disso, devido à atividade agropecuária e à presença de indústrias, são gerados resíduos relacionados à produção agrícola, bem como resíduos industriais.

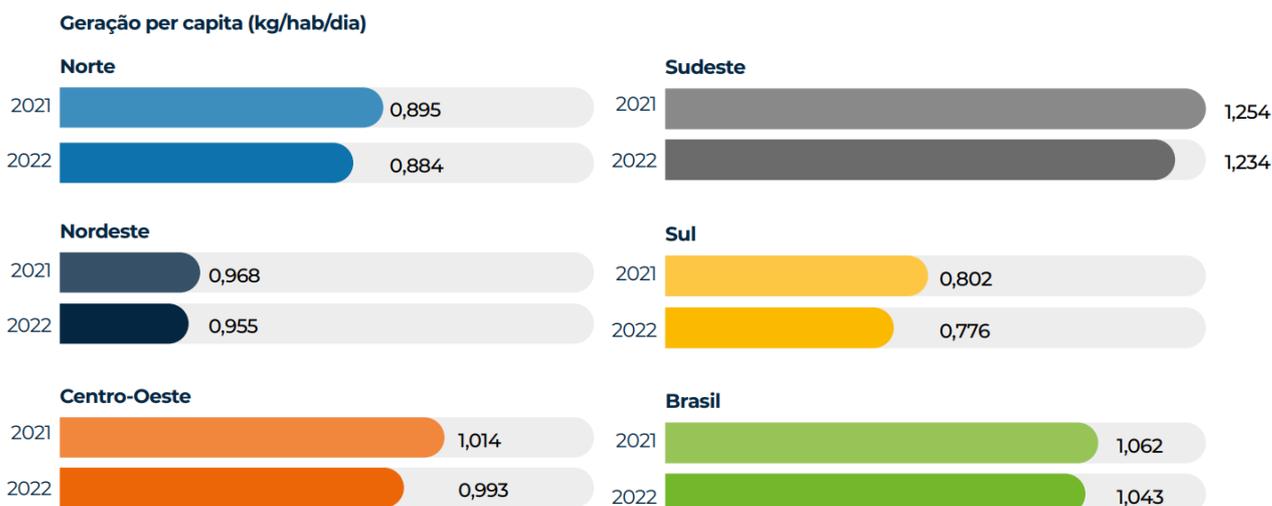
No Sudeste, há uma grande diversidade de atividades econômicas, o que resulta em uma ampla gama de resíduos gerados. Além dos resíduos domésticos, comerciais e de serviços de saúde, há uma significativa geração de resíduos

industriais, resíduos de construção e demolição, bem como resíduos provenientes do setor de serviços, como restaurantes e comércios em geral.

Na região Sul, os resíduos domésticos, comerciais e de serviços de saúde são os mais comuns. Além disso, são gerados resíduos industriais, especialmente nas regiões com atividades agrícolas intensas, como produção de aves, suínos e laticínios.

Apesar de apresentar em 2022 uma regressão na geração de resíduos em relação a 2021, observa-se que o montante teve um aumento expressivo se comparado com os anos anteriores. Como apresentado na edição especial do Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil de 2020, a geração de resíduos saltou de 66.695.720 milhões de toneladas em 2010 para 79.069.585 milhões em 2019, uma diferença de mais de 12 milhões de toneladas. Em uma década a quantidade de resíduos cresceu de forma expressiva em todas as regiões do país, em 2022 teve uma geração estimada de 1 kg/dia por pessoa, como demonstrado na figura 1.

Figura 1 - Geração de RSU no Brasil



Fonte: Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil (2022).

O Brasil é um país que produz resíduo em grande escala, apesar de ser considerado subdesenvolvido, portanto, assemelha-se aos países desenvolvidos em relação ao montante gerado, os resíduos domésticos costumam ser os mais significativos, devido à extensa população urbana do país. Esses resíduos são gerados diariamente por milhões de residências e constituem uma parcela considerável do total produzido.

Como agravante, grande parte do descarte deste resíduo é realizado de forma incorreta, trazendo consigo preocupações, como problemas ambientais e de saúde pública. Com o intuito de minimizar esses problemas, foi criado em 2010 uma lei (Lei nº 12.305/10) que estabelece a Política Nacional de Resíduos Sólidos, a qual determina a realização de gestão dos resíduos com a finalidade de buscar uma disposição final ambientalmente adequada para esse material.

O tratamento dado ao resíduo no Brasil pode ser bem avaliado, porém a principal forma de disposição final de resíduos no Brasil ainda são lixões e aterros controlados. Conforme mencionado no Atlas da Destinação Final de Resíduos, divulgado em 2020 pela Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos e Efluentes (ABETRE), existem aproximadamente 2.612 lixões municipais distribuídos pelo Brasil.

No entanto, é importante destacar que a a Política Nacional de Resíduos Sólidos, estabelece prazos para a eliminação dos lixões e a substituição por aterros sanitários adequados. Estima-se que a região com maior número de lixões e aterros sanitários seja a região nordeste, com aproximadamente 201 lixões e aterros controlados.

"A Lei 12.305/10 tem como objetivo promover a redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos, visando uma disposição final ambientalmente adequada. Seu propósito é contribuir para o desenvolvimento de sistemas de gestão ambiental, melhorar os processos de produção e aproveitamento de resíduos como fonte de energia e fomentar o desenvolvimento sustentável. Além disso, a legislação estabelece a convocação e articulação da União, Estados e Municípios, que devem trabalhar em conjunto para formular e implementar estratégias em conformidade com o modelo de 'Gestão Integrada'."

Considera-se que a Política Nacional de Resíduos Sólidos, instituída pela Lei nº. 12.305, a legislação em questão representa um marco regulatório fundamental para lidar com a problemática dos resíduos, proporcionando novas alternativas para o tratamento e a destinação adequada desses materiais. Essas medidas têm como objetivo primordial promover o bem-estar social da população e contribuir para a política de sustentabilidade em termos ambientais, sociais e econômicos na sociedade brasileira.

Vale ressaltar a importância da responsabilidade pós-consumo, levando em consideração os impactos futuros e a noção de sociedade de risco, destacando o princípio da responsabilidade compartilhada ao longo do ciclo de vida dos produtos. Além disso, é fundamental enfatizar o papel fiscalizador das prefeituras na efetiva aplicação da legislação.

É notável que os Parâmetros Legais e a Lei que dispõem sobre os Resíduos Sólidos, abrem uma série de possibilidades no que tange ao seu uso sustentável, que desde as últimas décadas tem destacado estes, como um recurso valioso na geração de um aproveitamento mediante a sua destinação e as várias maneiras de produzir recursos reutilizáveis. Seja na reciclagem, na compostagem, na incineração programada, na seleção dos usos para fins de produção, os resíduos sólidos tem também sido estratégicos na geração de energias.

Este recurso tem sido fonte de pesquisas e tem apresentado uma variedade de possibilidades de se pensar um Brasil gerador de energias sustentáveis. Sobretudo no que se refere ao debate sobre a utilização de recursos renováveis levando em consideração as questões socioambientais e da própria geração energética.

3. GERAÇÃO DE ENERGIA NO BRASIL

Cunha (2005) destaca que a matriz energética do Brasil é ampla, se comparado a outros países subdesenvolvidos, e que sua matriz energética tem demonstrando ser um espaço de amplas inovações e desenvolvimento na busca por tornar a disponibilidade de energia eficiente ao desenvolvimento do país.

A energia elétrica é um item essencial para o desenvolvimento dos países, pois influencia diretamente a qualidade de vida das pessoas, pois quanto maior for o grau de desenvolvimento das sociedades, maior será a demanda por produção elétrica.

Deste modo, refletindo sobre as mudanças climáticas e sociais é essencial o debate sobre mudanças que precisam ocorrer no cenário energético do Brasil, tendo em vista que a aquisição de energia por meio de produtos fósseis possui um impacto no ambiente e por consequência pode gerar níveis de poluição e tornarem insustentável a vida no planeta (GOLDEMBERG; LUCON, 2007).

A relevância da utilização eficiente das principais fontes de energia na sociedade, atualmente, é de suma importância ao refletir-se sobre o que evidencia Goldemberg; Lucon (2007) que a demanda de energia elétrica vem aumentando consideravelmente com o crescimento populacional, que deve continuar aumentando nos próximos anos.

Há uma necessidade de mudança no cenário atual da matriz energética, tendo em vista que uma das principais fontes utilizada pela humanidade é proveniente do petróleo e seus derivados, estes não são renováveis e são extremamente nocivos ao meio ambiente (TOLMASQUIM, 2012). Por isso há a inquietação em estudar e investir em novas fontes que produzam energia limpa, segura e de baixo custo.

A matriz energética mundial é predominantemente composta por fontes não renováveis, tais como carvão, petróleo e gás natural. O uso do petróleo teve naturalmente grandes impactos na evolução do ser humano, mas o consumo excessivo de combustíveis derivados, como gasolinas, gás natural, GLP, óleo diesel, óleo combustível, querosene de aviação, entre outros, tem acarretado sérias consequências ambientais. O uso desses combustíveis resulta na poluição do ar devido à sua combustão, o que se torna um problema significativo para a saúde pública.

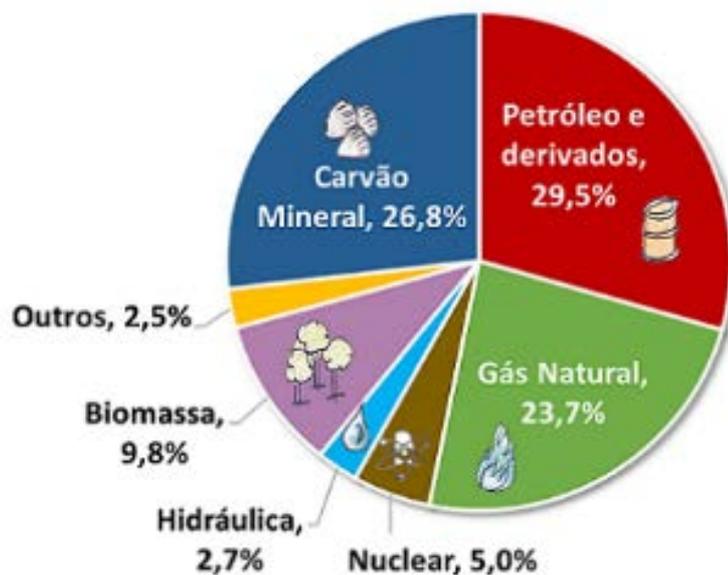
Devido aos impactos ambientais causados pelas fontes fósseis, destaca-se a necessidade urgente de mudança nos padrões de produção e consumo de energia, ressaltando a importância de estimular o uso de energias renováveis como uma solução para mitigar esses problemas. Além disso, o Brasil possui uma posição favorável nesse contexto, apresentando condições propícias para o desenvolvimento e adoção de fontes de energia sustentáveis, e potencial na transição para um modelo energético mais limpo e sustentável.

É o que destaca Goldemberg; Lucon (2007) sobre as fontes fósseis de geração de energia, em um contexto de alta demanda de consumo da sociedade que se complexifica quando se debate a sustentabilidade dos recursos naturais do planeta.

Os padrões atuais de produção e consumo de energia são baseados nas fontes fósseis, o que gera emissões de poluentes locais, gases de efeito estufa e põem em risco o suprimento de longo prazo no planeta. É preciso mudar esses padrões estimulando as energias renováveis, e, nesse sentido, o Brasil apresenta uma condição bastante favorável em relação ao resto do mundo (GOLDEMBERG; LUCON, 2007, p. 7).

Deste modo, o uso cada vez maior de fontes não renováveis para geração de energia ocasiona inúmeros problemas ambientais e socioeconômicos, além disso, estes elementos tem se tornado cada vez mais escasso, em função da má utilização dos recursos naturais disponíveis. A figura 2 destaca os componentes da matriz energética mundial e demonstra a taxa de porcentagem de sua utilização.

Figura 2 - Matriz Energética Mundial



Fonte: Empresa de Pesquisa Energética- EPE.

O gráfico demonstra que a base energética mundial está atrelada e dependente do petróleo e seus derivados para atender a demanda por energia no mundo, contudo outros elementos também têm se apresentando como alternativas eficientes para a geração de energia para a sociedade. O aumento constante da demanda por energia juntamente com a busca de uma diminuição da dependência de combustíveis fósseis, gera a necessidade de se aperfeiçoar o processo de oferta interna.

Diversificar a matriz energética, com o aumento da participação de fontes renováveis, apresenta-se como melhor alternativa para suprir a demanda supracitada. Investindo em energias renováveis e promovendo o desenvolvimento sustentável (LOPES, 2002).

Utilizar energias renováveis é um assunto muito debatido em todo o mundo, pois a demanda por energia aumenta, na medida em que a tecnologia industrial avança, de modo que maior aporte energético é necessário para que as máquinas e equipamentos produzam bens e serviços.

A utilização de fontes fósseis para obtenção de energia é hoje, algo insustentável para o ambiente, que já apresenta limitações, portanto o diálogo entre baixo custo e baixo impacto ambiental para a produção de energia é necessário e visa atender a uma demanda social, econômica e ambiental (MOREIRA; GIOMETTI, 2008).

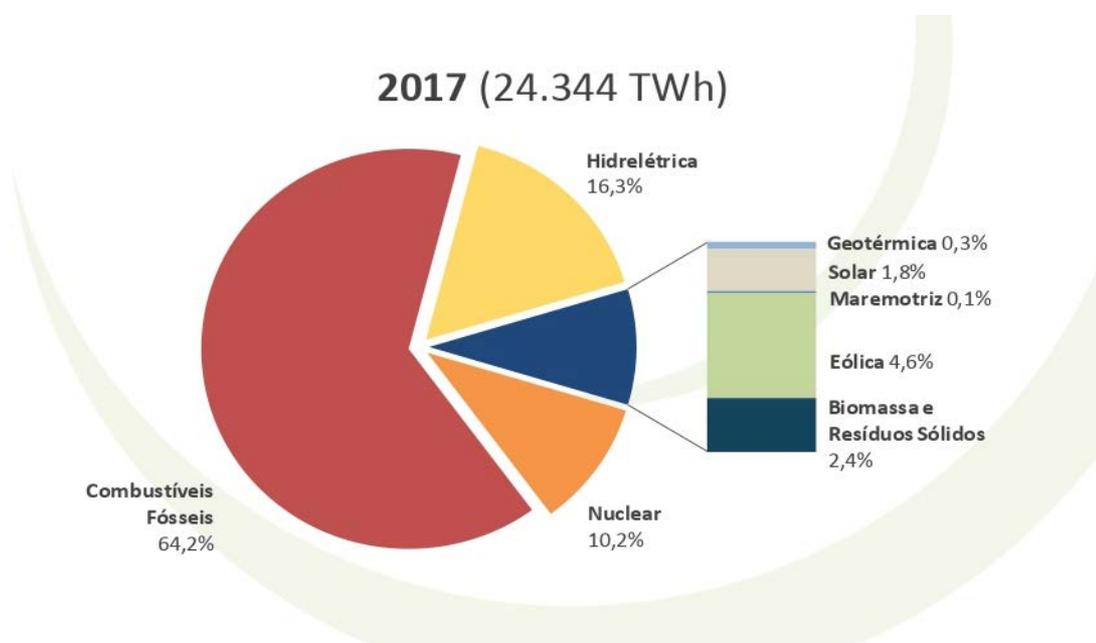
As fontes fósseis ainda são um padrão para a geração de energia elétrica, porém é fato, que sua utilização tem gerado grandes impacto ao meio ambiente. Goldemberg, Lucon (2007) destaca-se que esses impactos são causados por gases de efeito estufa e as emissões de poluentes que pressionam o mundo a pensar alternativas de modo a estimular o uso de fontes renováveis para produção de energia, de maneira sustentável no ponto de vista econômico e ambiental.

Diante das mudanças ocorridas na sociedade e da necessidade de se pensar métodos de geração de energia de forma limpa e sustentável, o tratamento e reutilização dos resíduos sólidos produzidos mundialmente foi um marco que tem se mostrado como uma alternativa útil de geração de energia e de conservação ambiental.

Em 2017, a utilização de resíduos sólidos para geração de energia obteve um salto, se comparando a anos anteriores, como destaca a figura 3, evidenciando

como a perspectiva mundial para geração de energia, tem avançando cada vez mais para esse diálogo entre geração de energia e sustentabilidade ambiental.

Figura 3 - Geração de energia mundial por fonte (%) em 2017



Fonte: Anuário estatístico de energia elétrica 2021.

Embora os combustíveis fósseis ainda sejam o padrão de utilização para obter-se energia elétrica, é importante destacar o quanto as outras matérias primas têm avançado ao longo dos anos, os resíduos sólidos e a biomassa possuem resultados expressivos, se refletido o quanto era reduzida a possibilidade de os resíduos tornar-se útil.

Reuniões entre líderes mundiais, como a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (CQNUMC), adotada durante a Conferência Rio-92, têm apontado caminhos para que a produção de energia seja limpa na busca pela redução de gases poluentes que colocam em risco a capacidade de se manter do planeta (MOREIRA; GIOMETTI, 2008).

3.1 Matriz Energética Brasileira e suas Potencialidades Econômicas e Ambientais.

Na busca por promover o crescimento econômico e o desenvolvimento da população, a matriz energética do Brasil tem se destacado pela constante implementação de estratégias para a produção de energia e atendimento da demanda da sociedade. O Brasil possui uma matriz energética de grande potencial, visto a

riqueza de recursos naturais e a diversidade de fontes para a produção de energia, sobretudo a energia limpa, a partir de elementos renováveis. Como afirma Tolmasquim (2012):

Podemos afirmar que o Brasil tem feito seu “dever de casa” na área energética, tanto que é citado como referência internacional na produção de petróleo em águas profundas, na produção de etanol, no seu parque de geração hidrelétrica, no exponencial aproveitamento da energia eólica, no seu extenso e integrado sistema de transmissão de energia elétrica e, especialmente, na renovabilidade de sua matriz tanto energética quanto de produção de energia elétrica (TOLMASQUIM, 2012, p. 3).

Portanto, existe um leque de oportunidades ao Brasil no que tange sua matriz energética, os investimentos são constantes e o crescimento da demanda por energia se configura ao desenvolvimento populacional e ao modo de consumo da sociedade. Com base nisso, ainda é grande a dependência do país por petróleo e seus derivados na geração de energia, sendo o consumo de 34,4%, de acordo com os dados do Balanço Energético Nacional de 2022. Como um dos motivos desta preferência, atribui-se ao seu rendimento calorífico-energético por unidade de volume ser superior ao do carvão mineral e do gás natural.

Ainda de acordo com dados do Balanço Energético Nacional de 2022, a energia consumida no Brasil se distribui entre o setor de transportes com 32,5%, a indústria com 32,3%, energético 9,5%, as residências com 10,9%, não energético 5,1% e os setores comerciais e públicos com menos de 10%. Diante disto, é importante perceber que essa demanda por energia se torna cada vez mais alta e é necessário que o Brasil, assuma estratégias que torne sua matriz energética diversa, economicamente rentável e ambientalmente sustentável.

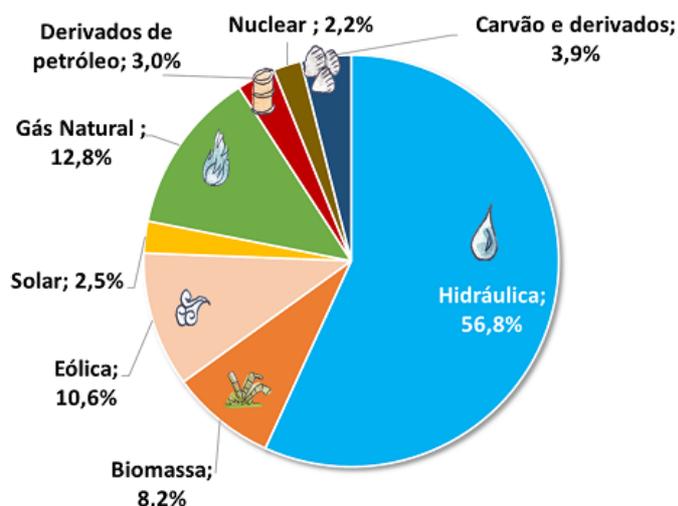
A busca por substituição dos combustíveis fósseis tem sido impulsionada por motivos ambientais, econômicos e sociais, à medida que os padrões de vida e consumo da sociedade têm evoluído e neste caminho, existe uma cobrança social para que a produção de energia do Brasil tenha eficiência e seja sustentável, que venha de fontes renováveis e seja limpa, sem trazer impactos expressivos ao meio ambiente. Uma alternativa que se tem destacado é o uso de biocombustíveis.

É indispensável compreender que os diversos relatórios sobre as mudanças climáticas do planeta, e as constantes e permanentes variações no preço do petróleo são fatores decisivos que evidenciam a necessidade de que as companhias de energia estabeleçam metas para a produção de biocombustíveis, visto o grande potencial existente no território brasileiro para esta produção.

Com base nisto, dados do Balanço Energético Nacional de 2022 evidenciam que o Brasil possui uma matriz elétrica predominantemente composta por fontes renováveis, com destaque para a energia hidráulica, que representa 53,4% da oferta interna de eletricidade. As fontes renováveis em geral correspondem a 78,1% da oferta interna de energia elétrica no país, considerando a produção nacional e as importações, que são principalmente provenientes de fontes renováveis. Isso evidencia o compromisso do Brasil com a utilização de fontes de energia limpas e sustentáveis em seu sistema elétrico.

A figura 4 destaca os elementos da matriz elétrica do Brasil e destaca a quantidade de energia elétrica que delas provém atualmente. Destaque importante e necessário que se deu a biomassa, como o maior potencial de produção de energia elétrica, depois da hidráulica.

Figura 4- Matriz Elétrica Brasileira 2021



Fonte: Empresa de Pesquisa Energética- EPE.

Reduzir o consumo de energia que advém de fontes não renováveis e dar maior espaço para a produção de energia através de fontes renováveis é algo que se fundamenta na sustentabilidade não apenas do planeta, mas também está intimamente relacionada a possibilidade de continuidade de desenvolvimento do Brasil.

Pois embora muito utilizado o petróleo e seus derivados tem a possibilidade de se esgotar, então é importante que o Brasil adote técnicas e estratégias que permitam maior exploração do potencial energético advindo de fontes renováveis, as quais causam menor impacto ao meio ambiente e garantem ganhos econômicos e sociais ao país. A seguir, evidencia-se as fontes renováveis de energia do Brasil.

3.1.1 Fonte de Energia Hídrica

Principal e maior fonte geradora de energia no país, é responsável por produzir cerca de 67% da energia disponível para consumo no Brasil, gerada a partir da água. essa forma de produção de energia, data do século II a.C que era feita através das rodas de água do tipo horizontal, depois com o desenvolvimento tecnológico no século XVIII surgem as primeiras turbinas e motores que conseguiram transformar a energia mecânica em energia elétrica (ATLAS, 2008; CEMIG, 2012).

Deste modo, surgem as usinas hidroelétricas, que utilizam água como força motriz da geração de energia. Embora a construção de uma usina deste porte tenha alto custo, a água utilizada é recurso natural disponível no país, além disso é um elemento que não gera agentes poluidores no ambiente. Queiroz et. al, (2013) faz um paralelo entre os benefícios e os pontos negativos da utilização das hidroelétricas, tendo em vista, demonstrar um panorama completo da produção de energia através da água, para que estratégias de redução de impacto possam ser pensadas.

Apesar de ser uma energia renovável e não liberar gases poluentes, as usinas hidroelétricas causam grandes impactos ambientais e sociais na sua implantação como a destruição vegetal natural, o assoreamento do leito dos rios, o desmoronamento de barreiras, a extinção de certas espécies de peixes, além dos impactos sociais relacionados ao deslocamento das populações que ali viviam (QUEIROZ et al., 2013).

Figura 5- percentual de energia gerada a partir da água no Brasil



Fonte: Operador Nacional do Sistema Elétrico.

Deste modo, o Brasil conta com um grande aporte de usinas hidroelétricas, é sua principal fonte de geração de energia elétrica, embora exista um custo econômico, social e ambiental para sua implantação essa é uma das principais

maneiras de que o Brasil dispõe para garantir energia elétrica a todos os setores da sociedade. Estratégias existem para que esse impacto ambiental gerado seja minimizado ao longo dos anos.

3.1.2 Fonte de Energia Solar

Compreende-se que é através do sol que vem o maior suprimento de energia da terra, é, portanto a fonte que relaciona-se direta ou indiretamente a todas as outras formas de geração de energia seja hidráulica, biomassa, eólica, combustíveis fósseis até energia dos oceanos (EDUARDO & MOREIRA, 2010).

Geograficamente o Brasil é um dos países privilegiados na forte incidência de luz solar. Conforme informações do Atlas Brasileiro de Energia Solar, é estimado que o Brasil receba ao longo do ano mais de 3 mil horas de radiação solar, resultando em uma incidência diária que varia entre 4.500 e 6.300 Wh/m². Deste modo a geração de energia a partir da luz solar tem ganhado cada vez mais visibilidade e investimento no país.

De acordo com dados da Aneel (2016) a energia solar está cada vez mais difundida e conhecida no território brasileiro, seus benefícios são comprovados, embora ainda existe um longo caminho pela frente, no que diz respeito a investimentos e maiores estudos na busca pelo aperfeiçoamento dos equipamentos de captação e mão de obra especializada, o Brasil possui atualmente mais de 39 usinas solares com capacidade de 22.952kW.

De acordo com Pereira, et.al. (2017):

A disponibilidade e a variabilidade do recurso energético solar está intrinsecamente associado às condições de tempo e clima da região. Isso ocorre porque sistemas meteorológicos provocam alterações na nebulosidade e nas concentrações dos gases e aerossóis, afetando os processos radiativos que atenuam a radiação solar ao longo de seu percurso na atmosfera (PEREIRA et al., 2017, p, 20).

Ainda assim, este campo da geração de energia solar, está avançando no Brasil e deste modo tem contribuído e progredido com a estratégia de utilizar recursos renováveis para a geração de energia. A utilização de energia solar traz um leque de possibilidades na medida em que possui capacidade de atender a demanda energética do futuro do Brasil. Além disso, proporciona ao país atender aos compromissos firmados na Assembléia geral da ONU em 2016, em que se firma

contribuir com 45% no quadro de produção de energia através de recursos renováveis (DANIEL et al., 2016).

Deste modo, a energia gerada através da luz solar, possui grandes potencialidades no Brasil e tem sido alvo de investimentos por parte do governo, na busca por suprir a demanda nacional energético para médio e longo prazo.

3.1.3 Fonte de Energia Eólica

A perspectiva de utilizar a energia dos ventos e convertê-la em energia elétrica surgiu no século XIX, onde os moinhos eram as grandes estruturas que a partir da energia cinética faziam a moagem de grãos, essa energia também era utilizada em barcos a vela e no bombeamento de águas. Este mesmo modo de operação é utilizado nos dias atuais, na medida em que utiliza-se a hélice a qual o vento atinge gerando o movimento que gira e impulsiona o funcionamento do gerador de energia (ATLAS, 2008).

Conforme dados do Balanço Energético Nacional de 2021, a produção de eletricidade proveniente da energia eólica alcançou 57.051 GWh em 2020, representando um aumento de 1,9% em relação ao ano anterior, quando foi registrado um total de 55.986 GWh. No mesmo ano, a capacidade instalada de geração eólica no país teve um crescimento de 11,4%. Segundo o Banco de Informações da Geração (SIGA) da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), o parque eólico brasileiro atingiu uma capacidade de 17.131 MW.

O objetivo é maximizar o aproveitamento dos ventos para que se gere a eletricidade através de turbinas que podem ser classificadas em pequenas, médias e grandes, as quais sua implantação depende de questões como locais com boa incidência de ventos, bom desempenho aerodinâmico do equipamento, estarem em conformidade com a integração do meio ambiente, gerar pouco impacto visual entre outros (ATLAS, 2008; CEMIG, 2012).

No Brasil, diante das questões que preocupam em relação à crise energética esse método de obtenção de energia é uma alternativa cada vez mais utilizada e os investimentos nela são cada vez maiores. Contudo, embora seja uma energia limpa e renovável, possui alguns impactos ambientais que estão relacionados a sua implantação e ao seu funcionamento, na medida em que confronta-se com a

sociedade dos locais de implantação do equipamento e com a fauna local, sobretudo os pássaros.

3.1.4 Biomassa

A biomassa é uma inovação enquanto produção de energia renovável no Brasil. Biomassa é aquilo que é produzido pela natureza e torna-se matéria orgânica. O Brasil possui um grande potencial de biomassa, na medida em que o setor industrial agrícola produz grande quantidade de resíduos. Essa biomassa pode ser utilizada na geração de energia elétrica e também pode ser incorporada ao ecossistema para sua manutenção.

De acordo com Goldemberg; Lucon, (2007) o que exemplifica melhor a utilização de biomassa no Brasil, e lhe confere os maiores avanços econômicos e de sustentabilidade são:

A produção do etanol a partir da cana-de-açúcar, o carvão vegetal oriundo de plantações de eucaliptos, a co-geração de eletricidade do bagaço de cana e o uso da biomassa em indústrias de papel e celulose (cascas e resíduos de árvores, serragem, licor negro etc.). A utilização de biomassa no Brasil é resultado de uma combinação de fatores, incluindo a disponibilidade de recursos e mão-de-obra baratas, rápida industrialização e urbanização e a experiência histórica com aplicações industriais dessa fonte de energia em grande escala. Aproximadamente 75% do álcool produzido é proveniente do caldo de cana (com rendimento próximo de 85 litros por tonelada de cana) (GOLDEMBERG; LUCON, 2007, p. 4).

Com base nisto, o Brasil é atualmente referência na produção de biocombustíveis devido ao seu programa de etanol que foi implantado em escala Nacional, possuindo atualmente atuação marcante na economia do país (SAUER, 2018).

As tecnologias empregadas para a geração de energia elétrica através da biomassa basicamente empregam o processo de conversão do material em um produto intermediário, que ao ser utilizado em um equipamento específico gera energia mecânica e transforma-se em energia elétrica. Diversos processos podem ser empregados, porém o mais comum é a combustão direta .

A biomassa é uma possibilidade de produção de energia muito promissora no Brasil, e sendo assim, o país tem investido em pesquisa e equipamentos na busca por aperfeiçoar as técnicas utilizadas e o reaproveitamento destes resíduos de forma lucrativa e sustentável.

4. GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA ATRAVÉS DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

A substituição dos combustíveis fósseis tem sido impulsionada por razões ambientais, econômicas e sociais, devido à dependência generalizada desses combustíveis pela sociedade. Uma alternativa promissora é o uso de biocombustíveis. É essencial que as empresas produtoras abordem os impactos sociais resultantes da substituição dos combustíveis fósseis por combustíveis derivados de biomassa.

Destaca-se que atualmente os resíduos sólidos são uma poderosa fonte de energia renovável. Muitos desses descartes já perderam sua utilidade e valor. No entanto, sua serventia na produção de energia alternativa vem ganhando destaque.

Segundo a resolução nº 079, de 04 de novembro de 2009 da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo (SMA/SP), a utilização dos resíduos sólidos urbanos como uma fonte de energia renovável apresenta vantagens significativas, eliminando os efeitos negativos associados à sua disposição direta no solo. Além disso, essa prática agrega valor aos resíduos, ao transformá-los em uma fonte de energia aproveitável.

É especialmente importante adotar alternativas sustentáveis em regiões onde a geração de resíduos é intensa e a disponibilidade de áreas para disposição é escassa. Dessa forma, a utilização dos resíduos como fonte de energia renovável contribui para uma gestão mais eficiente dos resíduos sólidos e para o desenvolvimento sustentável.

Ferreira (2015, p.2) argumenta que a grande emissão de gases de efeito estufa, CO₂ e CH₄ pela produção e consumo de energia per capita no mundo tem sido um indicativo de impactos nefastos no meio ambiente. Em contrapartida, o autor destaca que os resíduos sólidos são significativos ativos diretos na emissão de gases do efeito estufa, não somente na produção e consumo desenfreado das grandes cidades, mais também na emissão ativa de metano, em lixões ou mesmo em aterros sanitários.

No Brasil, essa situação tem levado a maioria dos setores econômicos e do desenvolvimento a buscar e investir em alternativas viáveis para a promoção de uma energia sustentável e em consonância com a transição energética."

A transição energética, nestes termos, é a migração de uma produção energética centralizada em combustíveis fósseis, como petróleo e carvão, para uma

geração mais limpa. Tendo como foco, fontes renováveis, através da geração eólica, solar e biomassa.

No Brasil, já existem investimentos em iniciativas de transição energética, com projetos espalhados por todo o país. Esses projetos podem ser públicos, parcerias público-privadas ou iniciativas empresariais, e abrangem a geração de energia solar, energia eólica, biomassa e produção hidrelétrica. Essas fontes de energia limpa e/ou renovável contribuem para quase 50% da matriz energética do país e 85% da matriz elétrica.

Além disso, com o desenvolvimento adequado e a implementação da tecnologia impulsionada pela transição energética, é possível gerar biogás e biometano a partir de resíduos, que podem ser utilizados como fontes de energia térmica, energia elétrica e combustível para veículos.

A esse respeito, Guiginski (2021) lista uma série de benefícios oriundos deste processo, e como é possível gerar energias renováveis primordialmente do Biogás. Material complexo e que pode ser um excelente resultado das articulações técnicas de geração de energia mediante os resíduos sólidos. A autora pontua:

- a) O biogás é um material estável que pode ser armazenado para uso em momento apropriado. A matéria orgânica, por sua vez, está em constante decomposição durante o tempo de armazenamento; b) O biogás já está estável e mantém seu potencial energético com o passar do tempo; mas o resíduo armazenado para incineração perde potencial calorífico com o passar do tempo devido à decomposição constante; c) O biogás pode ser canalizado ou vendido em garrafas, diferente do resíduo para incineração; d) O biogás queima sem cheiro e sem fumaça; e) O subproduto da geração do biogás é um adubo orgânico de excelente qualidade, enquanto o subproduto da incineração é composto por cinzas, muitas vezes contaminadas (GUIGINSKI, 2021, p. 34).

A produção de eletricidade no Brasil em 2011 foi predominantemente baseada em fontes renováveis, representando 88,9% do total. Dentro desse percentual, 6,6% foram provenientes de biomassa, 81,9% de fontes hidroelétricas e 0,5% de energia eólica. Os 11% restantes corresponderam a fontes de energia não renováveis, incluindo energia nuclear, gás natural e outras fontes não renováveis.

Conforme mencionado por Padro et al., (2021), é viável converter os Resíduos Sólidos em energia elétrica e térmica utilizando a tecnologia apropriada, aproveitando o alto poder calorífico presente nesses resíduos e transformando-os em combustível. Para alcançar esse objetivo, são utilizadas tecnologias de recuperação

energética, como incineração, gaseificação, pirólise, coprocessamento e digestão anaeróbia.

Os autores trazem a seguinte afirmação:

O uso da biomassa dos RSU para recuperação energética é interessante, particularmente para energia elétrica, pois se trata de uma das fontes renováveis com maiores possibilidades em termos de natureza, tecnologias de conversão e produtos. Dentre as tecnologias de conversão estão processos termoquímicos e bioquímicos, sendo a combustão direta, a gaseificação pela via termoquímica e a digestão anaeróbia as mais usadas para este tipo de rejeito. Um dos principais produtos obtidos a partir do reaproveitamento energético da biomassa dos RSU é o biogás produzido nos aterros sanitários por via biológica, que pode ser usado para uso doméstico ou industrial, ou ainda ser convertido em energia elétrica, térmica ou em combustíveis. Sendo formado majoritariamente por metano (60 a 80 %), o poder calorífico do biogás varia em torno de 5000 a 7000 kcal/m³. (PADRO et al., 2021, p.27).

Embora não seja considerado um método recente, a incineração ainda é pouco utilizada no Brasil para o tratamento e disposição de resíduos. O uso de incineradores em países em desenvolvimento pode contribuir para a gestão de RSU, principalmente em grandes cidades onde haja maiores dificuldades para ampliação do uso de aterros sanitários. Apesar de não ser considerado um método novo, a incineração tem sido pouco explorada em países em desenvolvimento, como o Brasil, quando o assunto é tratamento e disposição de resíduos.

Para Costa; Coelho (2008) fazendo um comparativo entre os Aterros Sanitários e Incineração, destacam que pensando em termos sustentáveis, os processos de coleta, seleção, e destinação dos lixos e dos rejeitos provenientes dos sistemas urbanos, tem avançado quando a destinação final e produtiva por meio da incineração. Este método é apontado como um mecanismo de transformação de um potencial vetor nocivo para um potencial energético tão necessário em termos de desenvolvimento sustentável.

Nesse quesito, os autores destacam que no Brasil este investimento é um potencial meio de geração de energia limpa que tem tudo pra ser de fato expandido no país.

4.1 Processo de Incineração

O processo de incineração é um tratamento térmico de resíduos sólidos que envolve a queima controlada desses materiais a altas temperaturas. É uma forma de disposição final de resíduos que visa a redução do volume e a destruição de componentes orgânicos e nocivos presentes nos resíduos.

Durante o processo de incineração, os resíduos são submetidos a temperaturas elevadas, geralmente acima de 800°C, em uma câmara de combustão. Essa alta temperatura promove a decomposição térmica dos resíduos, convertendo-os em cinzas, gases e calor. Os gases resultantes da queima passam por um sistema de controle de poluição para minimizar a emissão de poluentes atmosféricos.

A incineração pode ser realizada em diferentes tipos de instalações, como usinas de incineração de resíduos sólidos urbanos, incineradores hospitalares, incineradores industriais, entre outros.

O processo de incineração é geralmente utilizado para resíduos sólidos que não podem ser reciclados, compostados ou tratados de outras formas. Algumas vantagens deste processo incluem a redução do volume de resíduos, a destruição de componentes orgânicos perigosos, a geração de energia térmica, que pode ser aproveitada para a produção de eletricidade ou calor, e a possibilidade de recuperação de materiais das cinzas.

No entanto, também existem desvantagens, como preocupações com relação à emissão de poluentes atmosféricos, como dioxinas e furanos, bem como a necessidade de um controle rigoroso e eficaz dessas emissões.

Embora a incineração envolva a combustão de resíduos, ela é diferenciada pela presença de um sistema controlado, onde são adotadas medidas para garantir a eficiência energética, a minimização de emissões atmosféricas e o tratamento adequado dos gases resultantes da queima.

A incineração é realizada em instalações projetadas especificamente para esse fim, como usinas de incineração de resíduos sólidos urbanos, que possuem sistemas de controle de poluição e dispositivos para capturar e tratar os gases emitidos, enquanto a combustão direta refere-se a qualquer queima de materiais sem um controle específico.

A incineração para a geração de energia a partir de resíduos sólidos é uma prática conhecida, nesse processo, os resíduos sólidos são queimados em usinas de incineração especializadas, chamadas de usinas de recuperação de energia (URE), com o objetivo de gerar eletricidade e/ou calor.

O processo de incineração para geração de energia envolve as seguintes etapas:

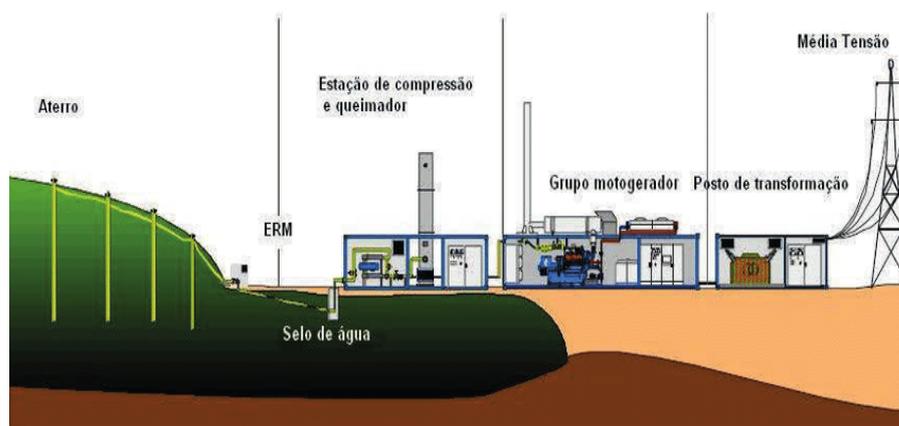
Preparação dos resíduos: Os resíduos sólidos urbanos passam por um processo de triagem e preparação, onde são removidos materiais recicláveis, como plásticos, metais e papel, que podem ser direcionados para reciclagem.

Combustão: Os resíduos restantes são alimentados em uma câmara de combustão, onde são queimados a temperaturas elevadas, geralmente acima de 800°C. A queima dos resíduos produz calor.

Geração de vapor: O calor gerado durante a queima é transferido para um sistema de troca térmica, onde a água é aquecida e transformada em vapor de alta pressão.

Geração de energia: O vapor de alta pressão é direcionado para uma turbina, que aciona um gerador, convertendo assim a energia térmica em energia elétrica. O calor residual do processo de incineração também pode ser aproveitado para a geração de calor utilizado em processos industriais ou para o aquecimento de edifícios, por meio de sistemas de cogeração.

Figura 6 - Usina de incineração



Fonte: PAIXÃO, 2017.

Conforme destacado acima, por Paixão (2017, p. 114), o processo de incineração é um processo utilizado para eliminar resíduos por meio de alta temperatura (de 900 a 1.250°C), associadas a oxigênio em excesso. É um método de tratamento que consiste na queima das sobras usando fornos ou usinas próprias.

Também é possível incinerar tudo o que não é passível de reutilização ou reciclagem. A incineração de resíduos reduz o volume e o peso a ser descartado, além de diminuir o impacto ambiental, contribuindo para estender a vida útil dos aterros sanitários. Esta queima é feita de forma controlada para permitir a total decomposição dos resíduos, a eliminação de substâncias patogênicas e o controle apropriado de gases tóxicos.

Contribuindo com este quadro, Muños (2018) diz que essa possibilidade já é uma realidade em diversos países, como Alemanha, Estados Unidos, Japão e Suíça, sendo uma alternativa estratégica a aterros sanitários. No Brasil, mediante os estudos gerados pela aplicabilidade da Lei referente aos Resíduos sólidos, e atualmente com o Atlas de Recuperação Energética de Resíduos Sólidos, tem sido desenvolvido caminhos de se pensar neste modelo energético sendo desenvolvido no país.

Sobre as potencialidades dos Resíduos Sólidos e a transição energética eficiente e sustentável, com a geração de energias, o autor nos apresenta:

O Brasil, o maior país da América Latina e ocupa aproximadamente 50 % da área territorial do continente Sul Americano, com uma população de 207,7 milhões no ano 2017, dos quais 84 % estão concentrados em áreas urbanas. De acordo com os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE (2017), o país gera cerca de $228,5 \times 10^3$ t/dia de resíduos sólidos de tipo industrial, residencial e comercial. No ano de 2008, os 6.320 aterros existentes recebiam cerca de 49.600 t/dia de resíduos (MUÑOS, 2018, p. 36).

Algumas das tecnologias comumente empregadas em diversos países para a geração de energia por meio da incineração de resíduos são:

Combustão em Grelha: É um dos métodos mais antigos e amplamente utilizados. Os resíduos são queimados em uma grelha inclinada, onde são movidos gradualmente para frente enquanto são queimados. A cinza resultante é removida no final da grelha.

Combustão em Leito Fluidizado: Nesse processo, os resíduos são incinerados em um leito de material inerte (geralmente areia) que é fluidizado por um fluxo de ar ou gás quente. Essa técnica permite uma queima mais eficiente e uma melhor captura de poluentes.

Forno Rotativo: É uma tecnologia que utiliza um cilindro rotativo aquecido para a incineração dos resíduos. Os resíduos são alimentados no topo do forno rotativo e são queimados enquanto o cilindro gira lentamente, garantindo uma queima completa.

Muitos países têm utilizado a geração de energia a partir de resíduos sólidos, cada um adota uma combinação específica de tecnologias e abordagens, dependendo das necessidades e condições locais. A Alemanha é conhecida por sua abordagem abrangente e avançada para a geração de energia a partir desses resíduos.

O país possui muitas usinas de incineração de resíduos, onde a queima controlada é utilizada para gerar calor, que é convertido em eletricidade. Além disso, a Alemanha também é líder na implementação de tecnologias de digestão anaeróbica, onde resíduos orgânicos são decompostos para a produção de biogás, que é então utilizado para a geração de energia. Nos Estados Unidos, a geração de energia a partir de resíduos sólidos é uma prática amplamente adotada. As usinas de incineração são comuns em muitas regiões, onde os resíduos são queimados para gerar eletricidade.

O Japão é um dos países líderes em tecnologias avançadas para a geração de energia a partir de resíduos sólidos. Além das usinas de incineração convencionais, também é conhecido por sua abordagem de recuperação de materiais após a incineração, onde as cinzas resultantes são processadas para recuperar metais valiosos. A Suíça utiliza usinas de incineração modernas para a produção de eletricidade e calor a partir dos resíduos, também possui um sistema eficiente de recuperação de energia térmica a partir dos gases de exaustão das usinas de incineração.

Segundo Lemos (2013), ao discorrer sobre a melhor opção de aproveitamento energético referente à Incineração de Resíduos Sólidos Urbanos, considera que as possibilidades de produção energética, de fato limpas e sustentáveis, ocorrem de modo programado e precisam estar articuladas a incentivos do governo. E que prezem por Usinas de Recuperação energéticas que façam um processo técnico adequado a fim de ser uma ação baseada no reaproveitamento total dos potenciais geradores a partir destes recursos.

De acordo com a Evolution Power Partners- EPP (2017), é possível gerar energia por meio de uma Usina de Recuperação Energética (URE). Essa unidade é dedicada ao tratamento térmico dos resíduos sólidos urbanos (RSU), reduzindo seu volume e periculosidade.

No cenário global, existem aproximadamente 2.500 usinas desse tipo, com apenas 100 localizadas na América Latina e nenhuma em operação no Brasil. O processo ocorre quando o vapor gerado movimentando as pás da turbina do gerador, modificando o fluxo do campo magnético interno. Dessa forma, a energia é produzida sem a geração de efluentes líquidos.

As Usinas de Recuperação Energética desempenham um papel importante na economia circular, ao lidar com resíduos não recicláveis que, de outra forma, seriam destinados a aterros sanitários. Além disso, elas possuem um grande potencial na redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE) associadas à gestão de resíduos sólidos urbanos. Segundo a Agência Ambiental Europeia (EEA), no período de 1995 a 2017, foi registrada uma redução de 42% nas emissões de GEE devido a essa mudança de abordagem.

No que se refere ao Brasil, Padro; et. al. (2021), sustenta que as potencialidades oriundas de uma energia sustentável e de fato preocupada com os efeitos no meio ambiente, ainda é uma novidade sendo transportada em práticas, através das pautas desenvolvidas pelo Governo e em articulação com o Setor econômico e empresarial.

Com a recente promulgação e alteração da Lei que trata dos Resíduos Sólidos, os autores relatam que ainda é cedo para projetar uma efetiva utilização do reaproveitamento dos resíduos sólidos em forma de energias elétricas. Contudo é um caminho que está sendo amplamente discutido, e vem trazendo uma série de novas pesquisas a fim de esta realidade de fato ser praticada e normalizada no país em grande e em pequena escala, seja nos setores de macro, bem como nos setores domiciliares.

Os autores sustentam a seguinte afirmação:

Apesar do grande potencial de uso, existe ainda um grande desinteresse no reaproveitamento energético da biomassa proveniente dos RSU no Brasil. Isto está associado, principalmente, à dificuldade da separação da biomassa em sua fonte de geração, além dos custos logísticos com o transporte destes resíduos até os centros de tratamento, que geralmente são distantes de suas fontes. Estas dificuldades limitam estimativas mais precisas sobre a disponibilidade da biomassa proveniente dos RSU, fazendo com que a maioria dos estudos nacionais para reaproveitamento de biomassa utilize resíduos agrícolas, silviculturais ou agroindustriais, como derivados da cana de açúcar. Apesar de constituir mais da metade da composição gravimétrica dos RSU, a biomassa proveniente de rejeito urbano ainda não é considerada representativa para ser integrada ao sistema elétrico do país, o que faz com que grande parte destes resíduos ainda seja descartada em aterros (PADRO et al., 2021, p.27).

Das questões trazidas pelos autores, considera-se que com as últimas articulações por parte da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial- ABDI e o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior- MDIC, e com os diversos estudos, teóricos e práticos sobre os resíduos sólidos e seu teor sustentável,

através do reaproveitamento consciente, a possibilidade de produzir uma energia sustentável e renovável está em curso.

De acordo com a ABRELPE (2020), um projeto de cooperação entre países desenvolvidos, e países da América Latina prevê uma articulação entre recursos naturais e a cooperação dos modelos de Usinas de Recuperação Energética. Esse diálogo se faz cada vez mais necessário e é uma possibilidade de pensar em produção de energias renováveis através do reaproveitamento de resíduos sólidos no Brasil.

Com vários anos de implementação da Lei sobre os resíduos sólidos, muito tem se avançado no que trata a coleta, destinação e seleção, sendo que 40% das 76 milhões de toneladas de lixo estão sendo direcionadas em aterros. Ainda existem grandes desafios a serem vencidos. Todavia, destaca-se que o uso consciente e as potenciais experiências nos países que utilizam das energias renováveis através do reaproveitamento dos resíduos sólidos são exemplos das possibilidades para o Brasil construir um marco histórico como país sustentável e consciente.

Para isso, se faz necessário mais pesquisas, mais investimento público e coparticipação entre uma série de agentes públicos e privados a fim de colocar as pautas climáticas e socioambientais como uma necessidade. A geração de energias através de resíduos sólidos, mais que uma agenda política deve ser uma pauta estratégica para preservação da vida.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Felizmente, a conscientização mesmo de forma lenta vem ganhando cada vez mais espaço e por isso, o consumo consciente como o ponto inicial de cada um fazer sua contribuição para a conservação do meio ambiente. Contudo, surgem gradativamente os novos tipos de fontes renováveis, que possuem menos teor de poluição. A busca por alternativas vem ganhando destaque.

Compreende-se que muito tem que ser investido; e muitos processos devem ser tecnicamente projetados, a fim de uma efetiva aplicabilidade do que é objetivada a Lei. Contudo, é notável que as ações desenvolvidas através do Governo Federal e através dos municípios, tem se levado em consideração o aquecimento global e as mudanças climáticas. De modo que tem sido buscado o readequamento sustentável, levando em consideração também as matrizes energéticas, e as potencialidades de energias renováveis existentes. Assim como nos países desenvolvidos, a transição e a matrizes energéticas, são uma das alternativas para mudar, gradualmente, as fontes geradoras e diminuir as emissões de gases danosos ao ambiente.

Sobre as matrizes energéticas, sendo o conjunto de energias utilizadas, no Brasil, é notável que estas têm sido um grande marco histórico no que tange a distribuição e nas possibilidades de energias renováveis como forma de produzir uma energia limpa e de fato sustentável.

Cabe destacar que esta realidade no Brasil, através da produção hidrelétrica e da produção e utilização do etanol, têm colocado o país numa posição confortável em termos de se pensar numa alternativa possível de substituição de recursos fósseis. Já tão escassos em todo o mundo.

A geração de energias, e mais especificamente, a energia elétrica através de resíduos sólidos é uma possibilidade já em curso em países desenvolvidos como Alemanha, Estados Unidos, Japão e Suíça, mediante o uso de Usinas de Recuperação Energética através da incineração, gaseificação, pirólise, coprocessamento e digestão anaeróbia. No Brasil, de maneira tímida, essa realidade já está em projeção através da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial-ABDI e o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior- MDIC com pesquisas e articulações empresariais ainda em curso.

É notável que com uma tendência técnica consciente e adequada, e com possibilidades de expansão de Usinas de Recuperação Energética no país, e mais pesquisas no teor técnico sobre as temáticas, é percebido que a geração de energias através de resíduos sólidos pode ser de fato uma realidade. Para isso, requer um constante debate político e científico, investimento público e privado, e uma atenção precisa a fim de construir alternativas para uma produção de energias sustentáveis. E que levem em consideração a reflexão de um Brasil sustentável e que está atento e atuante no que se refere às pautas socioambientais. A geração de energias através de resíduos sólidos é um caminho estratégico e necessário, dada a condição ambiental dos últimos tempos.

REFERÊNCIAS

AGUILAR, Renato Soares; OLIVEIRA, Lidiane Cristovam de Sousa; ARCANJO, Grazielle Louise Ferreira. Energia Renovável: os ganhos e os impactos sociais, ambientais e econômicos nas indústrias brasileiras. In: XXXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Bento Gonçalves, Rio Grande do Sul: UFRGS, 2012.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Capacidade Brasil. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>. Acesso em: 28 jun. 2022.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. 3. ed. Brasília: ANEEL, 2008.

BRASIL. Panorama Dos Resíduos Sólidos No Brasil 2018/2019. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama/>. Acesso em: 28 Mai. 2023.

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil - 2009**. São Paulo: Abrelpe, 2009.

ABRELPE - **Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais**. Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil - 2022. São Paulo: Abrelpe, 2022. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/>. Acesso em: 25 Maio. 2023.

EPE - **Empresa de Pesquisa Energética**. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>. Acesso em: 17. Mai. 2023.

ABETRE - Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos e Efluentes. **Atlas da Destinação Final de Resíduos - 2020**. São Paulo: Abetre, 2020.

BRASIL. Panorama Dos Resíduos Sólidos No Brasil. 2020. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/defthtm.exe?siab/cnv/SIABCbr.def>. Acesso em: 17 Ago. 2022.

BRASIL. Panorama Dos Resíduos Sólidos No Brasil 2022. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama/>. Acesso em: 24 Mai. 2023.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução Conama 316/2002**. Dispõe sobre procedimentos e critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução Conama 430/2011**. Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2011.

Balanço Energético Nacional 2020. **Relatório Síntese / Ano Base 2019**. BEN, 2020, Ministério de Minas e Energia, Rio de Janeiro – RJ, 2020. Disponível em: <chromeextension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao->

479/topico-521/Relato%CC%81rio%20Si%CC%81ntese%20BEN%202020-ab%202019_Final.pdf. Acesso em: 14 Out. 2022.

Balanço Energético Nacional 2021. **Relatório Síntese / Ano Base 2020**. BEN, 2021, Empresa de Pesquisa Energética - EPE, Rio de Janeiro – RJ, 2021. Disponível em: <chromeextension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfefindmkaj/https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-601/topico-596/BEN2021.pdf>. Acesso em: 09 Out. 2022.

Balanço Energético Nacional 2022. **Relatório Síntese / Ano Base 2021**. BEN, 2022, Empresa de Pesquisa Energética - EPE, Rio de Janeiro – RJ, 2022. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-675/topico-631/BEN_Sintese_2022_PT.pdf. Acesso em: 15 Jun. 2023.

ABNT. ABNT NBR 10004: Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

ABNT. ABNT NBR 12235: Armazenamento de resíduos sólidos perigosos. Rio de Janeiro, 1992.

ABNT. ABNT NBR 15115: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos. Rio de Janeiro, 2004.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil (1988)**: Promulgada em 5 de outubro de 1988. Colaboração de Antonio Luiz de Toledo Pinto, Márcia Cristina Vaz dos Santos Windt e Livia Céspedes. 31ed. São Paulo: Saraiva, 2003.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil. Congresso Nacional: Brasília, 1988.

BRASIL. Lei Federal nº 10.257, de 10 de julho de 2001. **Estatuto da Cidade**, 2001

BRASIL. **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. Brasília: Planalto, 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato20072010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 25 Ago. 2022.

BODNAR, Zenildo; VICENTI, Dayana. **Evolução, objetivos, perspectivas e desafios da lei federal 12.305/2010**. Revista Eletrônica de Iniciação Científica, v. 2, p. 238-255, 2011.

Companhia Energética de Minas Gerais- CEMIG. **Alternativas energéticas: Uma visão da Cemig**. Belo Horizonte: CEMIG, 2012.

CRISTIANO, Cleber Prodanov; CESAR, Ernani de Freitas. **Metodologia do trabalho científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. Novo Hamburgo, Rio Grande do Sul - Brasil: 2013.

FARRET, Felix Alberto. **Aproveitamento de pequenas fontes de energia elétrica**. Santa Maria: Ed. da UFSM, 2014.

CUNHA, Marcelo Pereira da. **Inserção do setor sucroalcooleiro na matriz energética do Brasil: uma análise de insumo-produto**. Dissertação (Mestrado em

Matemática Aplicada) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/296837662.pdf>. Acesso em: 13 Set. 2022.

DANIEL, Pedro et al. Paradigmas da energia solar no Brasil e no mundo. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 20, n. 1, p. 241-247, 2016.

Evolution Power Partners - EPP. Tudo sobre Recuperação Energética de Resíduos Sólidos. 2017. Disponível em: <http://br.evolutionpp.com/tudo-sobre-recuperacao-energetica-de-residuos-solidos/>. Acesso em: 22 Set. 2022.

MOREIRA, Carlos Eduardo Santos; CARDOSO, Alan Martins. Fontes alternativas de energia renovável, que possibilitam a prevenção do meio ambiente. **Revista de Divulgação do Projeto Universidade PETROBRAS/IF**, Fluminense, v. 1, p. 397-402, 2010.

Fundo Mundial para a Natureza - WWF. Além de grandes hidrelétricas: Políticas para fontes renováveis de energia elétrica no Brasil. Relatório Técnico. Brasília, 2012.

FERREIRA, Gabriel; FERREIRA, Natália. Direito à cidade: O papel do Planejamento urbano. **Revista Argumenta - UENP**, Jacarezinho, nº 14, p. 35-50, 2011.

FERREIRA, Bernardo Ornelas. **Avaliação de um sistema de metanização de resíduos orgânicos alimentares com vistas ao aproveitamento energético do biogás**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais, 2015. 124f.

GREENPEACE. **A caminho da sustentabilidade energética**. 2008. Disponível em: <http://www.greenpeace.org/brasil/Global/brasil/report/2008/5/a-caminho-da-sustentabilidade.pdf>. Acesso em: 14 Set. 2022.

GOLDEMBERG, José; LUCON, Oswaldo. Energia e o meio ambiente no Brasil. **Estudos Avançados**, v. 21, n. 59, 2007. Disponível em: http://www.ambiente.sp.gov.br/proclima/files/2014/04/3_energia_meio_ambiente.pdf. Acesso em: 15 Ago. 2022.

GUIGINSKI, Igor Teodoro. **Resíduos sólidos e energia elétrica, dois desafios e uma solução**: Estimativa do potencial energético do resíduo sólido gerado no Bairro Daniela. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Departamento de Engenharia Elétrica e Eletrônica, Curso de Graduação em Engenharia Elétrica. Florianópolis, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/229437>. Acesso em: 22 Ago. 2022.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo 2010**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/>. Acesso em: 28 de Março de 2023.

LEMOS, Luís Teixeira. **Incineração de Resíduos Sólidos Urbanos**: qual a melhor opção de aproveitamento energético? Millenium online, n. 7, Viseu, 2013. Disponível em: <http://www.ipv.pt/millenium/>. Acesso em: 15 Mai. 2023.

LOPES, Ignez Vidigal (Coord.). **O mecanismo de desenvolvimento limpo**: guia de orientação. Rio de Janeiro: Fundação Getulio Vargas, 2002.

MOREIRA, Helena Margarido; GIOMETTI, Ana Lúcia Bueno dos Reis. **O Protocolo de Quioto e as Possibilidades de Inserção do Brasil no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo por meio de Projetos em Energia Limpa**. Contexto Internacional, Rio de Janeiro, vol. 30, n. 1, janeiro/abril 2008, p. 9-47. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cint/a/9RkZZcmTbc6mm8wRHHc5j3Q/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 19 Set. 2022.

LOPES, Francilene da Silva; BARBOZA, Keyssy; SILVEIRA, Joice. Energia da Biomassa. **Revista de Divulgação do Projeto Universidade PETROBRAS/IF Fluminense**, v. 3, 2013.

Ministério de Minas e Energia. Anuário estatístico de energia elétrica 2020. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico168/Anuario%20Estatistico%20de%20Energia%20Eletrica%202020.pdf>. Acesso em: 12 Ago. 2022.

MENDONÇA, Francisco. **Geografia socioambiental**. Terra Livre, São Paulo, n. 16, p. 139-158, 2001. Disponível em: <http://www.agb.org.br/publicacoes/index.php/terralivre/article/viewFile/352/334>. Acesso em: 03 Abr. 2023.

MMA – Ministério do Meio Ambiente/ IDEC – Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor. **Consumo sustentável**: manual de educação. Brasília, 2002, 144p.

MAIA, Angela Luzia Aguiar; AZEVEDO, Eline Barros de; ARAÚJO, Nailsa Maria Souza. **A questão ambiental no capitalismo**: o destino dos resíduos sólidos na gestão pública do meio ambiente. Revista Libertas, v. 18, n. 2, 2018.

MINAYO, Maria Cecília de Souza. **O desafio do conhecimento científico**: pesquisa qualitativa em saúde. 2ª edição. São Paulo/Rio de Janeiro: Hucitec- Abrasco, 2005.

MUCELIN, Carlos Alberto; BELLINI, Marta. Percepção ambiental em ecossistema urbano. In: **Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil**, Caxambu/MG, p. 1-3, 2007.

MUÑOZ, Matias Nicolas. **Desenvolvimento, modelagem e simulação de um sistema incinerador de resíduos sólidos**. Universidade Federal do Paraná, Centro de Estudos De Energia Para El Desarrollo – CEED/UNaM. CURITIBA, 2018. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/55338/R%20-%20D%20-%20MATIAS%20NICOLAS%20MUNOZ.pdf>. Acesso em: 02 Mai. 2023.

PEREIRA, Enio Bueno; et al. **Atlas brasileiro de energia solar**. 2.ed. São José dos Campos: INPE, 2017. 88p. Disponível em: https://cenariosolar.editorabrasilenergia.com.br/wp-content/uploads/sites/8/2020/11/Atlas_Brasileiro_Energia_Solar_2a_Edicao_compressed.pdf. Acesso em: 20 Set. 2022.

PRADO, Karen de Souza do; BARRIOS, Christian Cuello; FERNANDES, Anderson Pires; PAIVA, Jane Maria Faulstich de. Resíduos Sólidos Urbanos como Fonte de Energia Renovável no Brasil: Panorama Atual e Perspectivas Futuras. **Revista Virtual de Química**, v. 14, n. 1, p. 26-30, 2022. Disponível em:

<http://static.sites.s bq.org.br/rvq.s bq.org.br/pdf/v14n1a06.pdf>. Acesso em: 22 Ago. 2022.

PAIXÃO, Susana Mónica Marinho. **Recolha seletiva**: um balanço de energia e recursos face à dispersão geográfica - estudo de caso: concelho de Coimbra e concelho da Figueira da Foz. Coimbra, 2017. Tese de doutorado. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10316/32383>. Acesso em: 22 Mai. 2023.

PARO, André de Carvalho; COSTA, Fernando Corner da; COELHO, Suani Teixeira. Estudo comparativo para o tratamento de resíduos sólidos urbanos: aterros sanitários x incineração. **Revista Brasileira de Energia**, v. 14, n. 2, p. 113-125, 2008.

QUEIROZ, Rosemar de; et al. Geração de energia elétrica através da energia hidráulica e seus impactos ambientais. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 13, n. 13, p. 2774-2784, 2013.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução nº 5**, de 5 de agosto de 1993. Publicada no DOU no 166, de 31 de agosto de 1993, Seção 1, páginas 12996-12998.

RESOLUÇÃO **CONAMA nº 358**, de 29 de abril de 2005. Publicada no DOU nº 84, de 04 de maio de 2005, Seção 1, páginas 63-65.

RESOLUÇÃO **CONAMA nº 313**, de 29 de outubro de 2002. Publicada no DOU nº 226, de 22 de novembro de 2002, Seção 1, páginas 85-91.

RESOLUÇÃO **CONAMA nº 448**, de 18 de janeiro de 2012. Publicada no DOU nº 14, de 19 de janeiro de 2012, Seção 1, p.76.

REIS, Danielle; FRIEDE, Reis; LOPES, Flávio Humberto Pascarelli. Política nacional de resíduos sólidos (Lei nº 12.305/2010) e educação ambiental. **Revista Interdisciplinar de Direito Faculdade de Direito de Valença**, v. 14, n. 1, páginas 99-111, jan./jun. 2017.

SANTOS, Juliana Vieira dos. **A gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos**: Um desafio. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2009. Tese de Doutorado.

SANTOS, Maria Cecília Loschiavo do; GONÇALVES-DIAS, Sylmara Lopes Francelino. Gestão de resíduos sólidos urbanos na cidade São Paulo: um problema, múltiplas soluções. In: PADOVANO, Bruno R.; NAMUR, Marly; SALA, Patrícia B. (Org.). **São Paulo**: em busca da sustentabilidade. 1ª ed. São Paulo: EDUSP/PINI, 2012.

SANTOS, Edna Maria; FARIA, Lia Ciomar Macedo de. O educador e o olhar antropológico. Fórum Crítico da Educação: **Revista do ISEP/Programa de Mestrado em Ciências Pedagógicas**, Rio de Janeiro, 3, n. 1, p. 9-20, out. 2004.

SINNOTT, Alice Pereira. Aplicabilidade da Lei Nº. 12.305/10 sob o viés do Princípio da Responsabilidade Compartilhada. Artigo extraído de Trabalho de Conclusão de Curso. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 2012.

SOUZA, Samuel N. M.; HORTTANAINEN, Mika; ANTONELLI, Jhonatas; KLAUS, Otávia; LINDINO, Cleber A; NOGUEIRA, Carlos Ec. **Technical potential of**

electricity production from municipal solid waste disposed in the biggest cities in Brazil: Landfill gas, biogás and thermal treatment. Waste Management & Research, São Paulo, v. 32, p. 1015 – 1023, 2014.

SAUER, Ildo. Biocombustíveis no Brasil: comercialização e logística. Setor de Gás e Energia da Petrobras, São Paulo, 2018. Disponível em: https://sistemas.mre.gov.br/kitweb/datafiles/NovaDelhi/pt-br/file/Biocombustiveis_03-biocombustiveisnobrasil.pdf. Acesso em: 13 Ago. 2022.

STREIT, Jorge Alfredo Cerqueira. **Política Nacional de Resíduos Sólidos – a Lei 12.305/10 e as Normas de Gestão Ambiental NBR ISO 14001:** uma análise comparativa. Sorocaba: Universidade Federal de São Carlos, 2015.

TOLMASQUIM, Mauricio Tiomno. Perspectivas e planejamento do setor energético no Brasil. **Estudos Avançados**, v. 26, n. 74, São Paulo, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/jt7HSqtLSBMhyTgGYQgzqpn/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 14 Ago. 2022.

TOLMASQUIM, Mauricio Tiomno; GUERREIRO, Amilcar; GORINI, Ricardo. Matriz energética brasileira: Uma prospectiva. **Novos estudos**, n. 79, São Paulo, novembro, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/nec/a/HHYKXDgchzv4n4gNfRhqnwK/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 11 Ago. 2022.

ZARO, Marcelo (org.). **Desperdício de alimentos:** velhos hábitos, novos desafios. Caxias do Sul, RS: Educs, 2018. 417p.

MAZZER, Cassiana; CAVALCANTI, Osvaldo Albuquerque. **Introdução à Gestão Ambiental de Resíduos.** Infarma, v. 16, n. 11 e 12, 2004. Disponível em: <http://www.cff.org.br/sistemas/geral/revista/pdf/77/i04-aintroducao.pdf>. Acesso em: 22 Out. 2022.