

A IMPORTÂNCIA DOS RSU COMO FONTE DE ENERGIA RENOVÁVEL***THE IMPORTANCE OF MSW AS A SOURCE OF RENEWABLE ENERGY***

Leandro Oliveira– leandveira@outlook.com

Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga (Fatec) – Taquaritinga – SP – Brasil

João de Lucca Filho – joaodelucca@terra.com.br

Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga (Fatec) – Taquaritinga – SP – Brasil

DOI: 10.31510/inf.v21i1.1902

Data de submissão: 10/04/2024

Data do aceite: 10/03/2024

Data da publicação: 20/06/2024

RESUMO

Este artigo descreve como a energia elétrica tem sido importante para uma sociedade em desenvolvimento. Com o crescimento da população no mundo, a crise energética e o aumento dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) são temas de discussão no Brasil e no cenário mundial. Como isso, novas tecnologias e investimentos devem ser adquiridos e projetos de como resolver esse problema energético e acúmulo de RSU. A criação de uma energia limpa e sustentável é importante, pois com isso o meio ambiente sofre menos alterações. Existem várias fontes de criação de energia, mas para resolver o problema dos acúmulos de RSU é necessário criar a partir delas e assim garantir um avanço energético e econômico no futuro. O investimento e as leis que garantam uma qualidade de vida das pessoas é fundamental, pois garante uma cidade limpa, consciente e que cuida do meio ambiente. Contudo, são necessários a criação de novas tecnologias, de investimento público ou privado e de pesquisa para aprofundar sobre essa fonte de energia.

Palavras-chave: Resíduos sólidos urbanos. Crise Energética. Fontes de Energia.

ABSTRACT

This article talks about how important electrical energy is for a developing society. With the growth of the world's population, the energy crisis and the increase in (MSW) are the subject of discussion in Brazil and on the world stage. Therefore, new technologies and investments must be acquired and projects on how to solve this energy problem and accumulation of MSW. The creation of clean and sustainable energy is important, as this means the environment suffers less change. There are several sources of energy creation, but to solve the problem of MSW accumulations it is necessary to create them and thus guarantee energy and economic progress in the future. Investment and laws that guarantee people's quality of life are fundamental, as they guarantee a clean, conscious city that takes care of the environment. However, it is the creation of new technologies, public or private investment and research to delve deeper into this energy source.

Keywords: Urban solid waste. Energy Crisis. Energy Sources.

1 INTRODUÇÃO

Com base no processo de globalização, o crescimento das indústrias e a exploração dos recursos naturais nestes anos levaram a uma série de consequências ambientais negativas e suscitaram discussões e debates, preocupações energéticas e econômicas na política mundial. O crescimento das grandes cidades e o aumento do consumo de produtos duráveis e descartáveis tem aumentado gradativamente a quantidade de resíduos gerados pelas pessoas. Isso motiva esta pesquisa a mostrar que a importância dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), como forma de energia limpa renovável, está cada vez mais sendo pesquisada e debatida em ONGs, governos e lideranças em diversas partes do mundo, a medida que o acúmulo de RSU está aumentando e causa danos econômicos e ambientais. (LIMA, 2017).

Segundo Lima (2017, p. 14), no Brasil, o sistema de gestão de resíduos sólidos urbanos não abrange a maior parte dos resíduos coletados e nem sempre é efetivamente tratado da forma mais adequada. Com o aumento das atividades humanas nas últimas décadas, a produção de resíduos está aumentando rapidamente e se tornando um sério problema para a administração pública. As dificuldades de gestão são grandes, a geração de resíduos sólidos nos últimos anos se deve principalmente ao crescimento populacional desordenado e ao desenvolvimento não planejado das grandes cidades, muitas vezes levando ao acúmulo de resíduos sólidos em locais inadequados para descarte, como aterros sanitários, que podem causar sérios problemas ambientais.

Neste sentido, após muitos anos de discussão no Congresso Nacional, se deu a aprovação da Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS, Lei nº 12.305/2010, marca a união de Estados e Municípios para controlar o problema de resíduos sólidos que afetam a vida de muitos brasileiros. Após a implementação da PNRS, dará um novo significado e dá um novo rumo ao debate sobre o tema dos resíduos sólidos como um recurso natural, produção de energia e redução da quantidade de resíduos lançados no meio ambiente. A dificuldade na gestão tornou-se difícil, pois encontrar soluções ambientais comprometidas e seguras para resolver estes tipos de problemas é de encontrar devido à enorme quantidade de resíduos. Talvez uma das formas de ser encontrada e muito bem utilizada seja do ponto vista energético. A geração de energia a partir de resíduos sólidos é uma das formas encontradas para solucionar esses problemas (LIMA, 2017).

Portanto, o objetivo deste artigo é destacar a necessidade do reaproveitamento dos RSU como fonte de energia limpa e renovável, garantindo a melhor qualidade de vida possível para todos, ao mostrar que o aproveitamento da energia dos RSU é uma garantia e uma alternativa econômica, para um meio ambiente saudável e também apresentar as dificuldades na implementação de novas tecnologias.

2 GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

A aplicação de RSU para produção de energia tem sido utilizada em todo o mundo, mas só começou no Brasil há alguns anos. Esses recursos trazem muitos benefícios ao país, minimizando impactos ao meio ambiente e problemas socioeconômicos. A geração de energia elétrica através de RSU apresenta diversas opções de caminhos tecnológicos, como biológico e o térmico:

Quadro I: Caminhos para o aproveitamento energético dos RSU

Biológicos		Térmicos			
Aterro	Biodigestor	Incineração	Gaseificação	Plasma	Pirólise
Biogás	Biogás	Vapor	Gás	Gás	Gasosos, líquidos e sólidos.

Fonte: Sérgio Frate, *apud* Lima (2017)

2.1 Geração de energia através de processos biológicos do aterro

Este tipo de produção de energia é uma tecnologia de aterro de RSU e depende da decomposição da matéria orgânica contida nos RSU. Segundo FEAM (2012), a produção de biogás em aterros sanitários envolve a compactação de resíduos no solo, na forma de camadas periodicamente cobertas com solo ou outros materiais inertes, e depois produzi-los de forma natural e por meios biológicos até a petrificação do material biodegradável que se transforma em gás natural (biogás). Dessa forma o gás é transportado para geração de energia. Todo esse processo requer técnicas extremamente específicas e requer também um planejamento essencial (FEAM, 2012)

2.2 Geração de energia através de processos biológicos do Biodigestor

Para Lima (2017), “esse tipo de geração de energia elétrica é a partir da digestão anaeróbia de uma fração orgânica dos RSU em reatores”, que se divide em diversos processos: “hidrólise, acidogênese, acetogênese e metagênese”. Este gás é altamente energético, pois é um combustível produzido pelo processo anaeróbico dos RSU e é queimado em um motor de combustão que queima o gás gerado produzido, fornecendo assim energia elétrica. FEAM (2012), completa:

“Após a digestão anaeróbia da massa de resíduos, que irá gerar o biogás (cerca de 100 a 200 Nm³ de biogás por tonelada de RSU, com concentração de metano em torno de 50%)” (FEAM, 2012).

2.3 Geração de energia através de processos térmico da Incineração

Segundo Galvão, *et al.* (2002):

“É possível obter energia a partir de resíduos através da incineração, desde que sejam combustíveis e não deixem úmidos. A calor assim gerada pode ser utilizada para aquecimento direto, em processo de vaporização ou para gerar eletricidade”. (Galvão, *et al.* 2002).

O processo de queima de RSU envolve aquecê-los em altas temperaturas com oxigênio e outros componentes para produzir vapor de alta pressão, que entre em uma turbina e depois produz energia. Este tipo de geração de energia a partir do RSU é a mais difundida no mundo e a escala de investimento para este tipo de processo é muito elevada, pois sua operação e utilização exige mão de obra especializada. (GALVÃO, 2002).

2.4 Geração de energia através de processos térmico da Gaseificação

A gaseificação é um processo termoquímico que converte o combustível RSU em gás combustível ou sintético. É um processo com pequena quantidade de oxigênio que ocorre a temperaturas muito elevadas entre 700 e 1500 °C, muitas vezes envolvendo a combinação de materiais gasosos e carbonáceos (CONAMA, 2002 *apud* Faria e Costa, 2023).

“A gaseificação pode ser definida como o processo de conversão termoquímica de um material sólido ou líquido (que contém carbono na sua composição) em um combustível gasoso, através da oxidação parcial a temperaturas elevadas (reações termoquímicas numa faixa de temperaturas de 800 a 1.100 °C), e em pressões atmosféricas ou maiores, até 33 bar” (CONAMA, 2002, *apud* Faria e Costa 2023).

Com esse processo de gaseificação a partir da biomassa do material RSU, o biogás é gerado e enviado aos motores para queimar e gerar a energia elétrica.

2.5 Geração de energia através de processos térmico do Plasma

“O plasma, conhecido como “o quarto estado da matéria”, é um gás ionizado, com boa condutividade elétrica e alta viscosidade, gerado pela dissociação das moléculas de qualquer gás devido à perda de parte dos elétrons quando a temperatura de aquecimento atinge 3.000 °C. O jato de plasma é gerado e controlado em um dispositivo denominado “tocha de plasma”, no qual ocorre a formação de um arco elétrico, através da passagem de corrente entre o cátodo e ânodo, provocando a ionização do gás injetado pelo seu aquecimento a temperaturas extremamente elevadas, variando de 5.000 °C a 15.000 °C de acordo com as condições de geração” (Bolcchi; Anjos; Sartori, 2018)

Esse tipo de processo transforma o RSU, depois de triturado e aquecido, que se decompõem em forma de gás através do alto aquecimento. Esse tipo de tecnologia ainda não está muito desenvolvido porque é objeto de pesquisa.

2.6 Geração de energia através de processos térmico do Pirólise

A pirólise é um processo que utiliza RSU, promovendo a decomposição anaeróbica. O RSU é colocado em um forno em altas temperaturas que variam de 300°C a 1.600°C, formando um combustível: gasosos, líquidos e sólidos. Para FEAM (2012), a pirólise produz a decomposição dos RSU e é um processo de decomposição térmica, na ausência de oxigênio, por uma fonte externa de calor, convertendo a matéria orgânica em outros subprodutos” (FEAM, 2012, p.31).

3 RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2004), por definição, os resíduos sólidos obedecem a uma norma técnica específica, NBR 10.004, que define “resíduos sólidos que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição”. (ABNT 2004, p.1).

Porém, neste sentido, são considerados RSU os resíduos de atividades habitacionais urbanas e resíduos de saneamento urbano, ou seja, de serviços de limpeza urbana, como varrição e limpeza de vias públicas. (FEAM, 2012).

Segundo o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, (IPEA, 2020):

“O Brasil nos próximos anos irá ser o que mais produz resíduos sólidos. Os RSU não estão sendo tendo um procedimento ideal a fim de gerar uma nova produção, mas estão sendo na grande parte jogado ao céu aberto causando inúmeros problemas ambientais para diversas regiões contaminando esgotos e até mesmo queimados. Em 2022 foram formados 77, 1 milhões de toneladas de RSU no Brasil e isso é o equivalente 1,04 kg de RSU por pessoa, já no mundo em até 2050 pode chegar a 3.40 bilhões (70% a mais)” (IPEA, 2020).

Da mesma forma, os RSU podem ser formados de acordo com sua natureza física bem como de sua origem segundo a ABNT (2004):

Quadro II: Resíduos de acordo com sua natureza e origem

Natureza	
Química	Inorgânica ou orgânica
Física	Seco ou molhada
Origem	
Domiciliar	São resíduos de lixo da vida cotidiana; restos de alimentos; medicamentos; garrafas, revistas, equipamentos eletrônicos e de moveis; entre outros.
Comercial	São resíduos de origem de estabelecimentos; papeis, plásticos, embalagens, entre outros.
Estabelecimentos públicos	Resíduos de varrição das vias públicas, limpeza de galerias, terrenos, restos de podas de árvores.
Saúde e hospitalares	Medicamentos; luvas; materiais de uso médico.
Portos e aeroportos	Materiais resto de alimentos; limpeza.
Terminais rodoviários e ferroviários	Materiais resto de alimentos; limpeza.

Indústrias	Equipamentos; embalagens.
Agricultura	Embalagens de ração; resto de alimentos.
Construção civil	Restos de obra; entulho.
Fontes radioativas	Equipamentos.

Fonte: ABNT NBR 10004 (2004)

Segundo a mesma norma, NBR 10.004 do ano de 2004, a ABNT (2004), divulgou no mesmo documento que os resíduos são divididos em três grupos:

- Classe I – Perigoso: Risco à saúde pública ou ao meio ambiente, propriedades de inflamabilidade; reatividade; corrosivo; toxicidade.
- Classe II A - Não perigoso; não inerte: São substâncias que não apresentam qualquer forma de inflamabilidade; corrosividade; reatividade, toxicidade; Solubilidade em água; Reação com o meio ambiente; Risco de poluição.
- Classe III B - Não perigoso; inerte: Não contém quaisquer componentes dissolvidos em concentrações acima dos padrões de água potável.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei nº 12.305/2010, estabelece que os resíduos, após esgotadas todas as possibilidades viáveis de tratamento ou recuperação dispostas viáveis não têm outra alternativa senão serem descartados em locais adequados, de acordo o disposto em lei. Uma das formas e locais são os aterros sanitários, que são preparados para receber resíduos no solo e recicla-los em produtos manufaturados e são um método ecologicamente correto (BRASIL, 2010).

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para desenvolver este artigo, foram utilizado livros, artigos científicos, matérias e seminários sobre o tema. Isto foi levantado em pesquisa sobre o tema; sobre como os RSU podem se tornar uma fonte limpa e renovável para a produção de energia e melhorar a qualidade de vida das pessoas na sociedade. Neste sentido, serão apresentadas a importância e as dificuldades de se implementar novas gerações de fontes de energia limpa, absorvendo-as sem afetar o meio ambiente e solucionando o acúmulo de resíduos sólidos nas cidades brasileiras. Vários artigos foram publicados que demonstraram a importância e sensibilidade deste assunto.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Energia Renovável

Para Santana (2023, p.49), a energia é uma fonte “definida, ou seja, não pode ser criada ou destruída, mas pode ser modificada em diferentes formas”. E é esta a energia que nos traz inúmeros benefícios e impactam em diferentes setores da sociedade, pois é uma fonte

indispensável ao homem nas suas “necessidades tecnológicas e industriais”. Por sua vez, a energia limpa e renovável pode ser gerada sem a intervenção humana e sem agredir o meio ambiente porque praticamente não tem impacto.

A energia limpa e renovável pode ser gerada em diversas áreas diferentes porque não polui o meio ambiente, as mais comuns são a energia eólica e a energia solar por serem as mais conhecidas, mas com o tempo os RSUs se tornaram uma fonte de pesquisa e passaram a ser um recurso renovável e fonte de energia limpa que pode se tornar uma fonte de energia muito eficiente e econômica. O aumento da população global nos últimos anos também levou a um aumento no nível de RSU e, portanto, a utilização destes resíduos é considerada essencial para a produção de energia nos próximos anos. Santana (2023, p. 50), afirma:

”Para viver uma vida mais saudável e usar os recursos naturais do mundo com mais responsabilidade, precisamos nos tornar mais eficientes em termos energéticos. Há duas razões pelas quais os combustíveis fósseis acabarão sendo substituídos por fontes alternativas de energia. [...] As fontes renováveis de energia são de extrema importância no meio ambiental, social, econômico e político de um país [...]“ (Santana, 2023, p.50).

Nos últimos anos, as fontes de energia renováveis têm atraído muitos investimentos, causando boa impressão nos mercados, brasileiro e global, bem como nos governos. O investimento é destinado para áreas de implantação de energias renováveis, mas os custos são muito elevados, dificultando a implantação por falta de informação e pouca tecnologia. O Brasil teve um crescimento significativo nos últimos tempos, a produção aumentou e o consumo de energia aumentou significativamente, mas a falta de conhecimento nesta área não é suficiente para realizar grandes investimentos (SATO, 2022).

5.2 Vantagens e Desvantagens

Este tipo de produção de energia a partir de RSU apresenta muitas vantagens e desvantagens. A redução de massa e energia é uma das vantagens que podem ser destacadas, mas os elevados custos de investimento ainda são muito elevados. Portanto, o desenvolvimento tecnológico para utilizar esta fonte de energia limpa e sustentável continua. No entanto, ao longo do tempo, o nível de RSU é relativamente elevado, o que ainda resulta em avanços do RSU como a produção de energia limpa e renovável, sendo menos explorada e tendo muitos desafios de implementação.

No Brasil, por vários motivos, o setor energético recebe destinações inadequadas de RSU, apesar das ações legais. Segundo Furtado e Serra (2009), esse tipo de produção de energia exige alto investimento, mão de obra especializada e alta tecnologia, dificultando sua implantação.

Neste contexto, a Lei nº 12.305/2010 que estabelece o tratamento adequado para os RSUs ainda não conseguiu reduzir o volume. Segundo Lima (2017), apesar da má aplicação das leis e das medidas de controle, muitas cidades no Brasil continuam a utilizar indevidamente os RSUs coletados. Apesar dos custos de aterro, a eliminação de RSU constitui uma alternativa econômica para a produção de energia.

Quadro III: Vantagens e desvantagens da geração de energia dos RSU.

Processo de geração de energia	Vantagens	Desvantagens
Aterro	<ol style="list-style-type: none"> 1. Energia renovável e limpa. 2. Custos baixos. 3. Poluentes muito baixos. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Produção de energia menor em relação as outras por tonelada de RSU. 2. Ocupam áreas enormes. 3. A produção de energia depende da quantidade e idade.
Biodigestor	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sistema de operação operacional simples. 2. Ótimo sistema de produção de energia. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Alto custo produção e manutenção. 2. Produção de energia em função do clima.
Incineração	<ol style="list-style-type: none"> 1. Diminuição do volume e massa dos RSU. 2. Boa energia elétrica gerada distribuída e para fins operacionais. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Custo elevado alto. 2. Mão de obra técnica de alto custo. 3. Risco a saúde devido a fumaça.
Gaseificação	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pouca emissão de gases poluidores. 2. Eficiência alta. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Não deve conter outras substâncias. 2. Altas temperaturas podem corromper o equipamento.
Plasma	<ol style="list-style-type: none"> 1. Altas temperaturas dos procedimentos podem causar nas substancias uma rápida e completa pirólise transformando em fundição tornando se parecida das a um mineral de dureza alta. 2. Reduz os volumes em grande quantidade. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Custo alto de Implementação. 2. Alta tecnologia com custo grande.
Pirólise	<ol style="list-style-type: none"> 1. Emissão de gases menor. 2. Boa redução dos volumes dos RSU. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Custo alto. 2. Alto consumo de combustível.

Fonte: FEAM (2012), *apud* Lima (2017)

5.3 Investimento e incentivos

É importante que as autoridades públicas, bem como o setor privado, promovam e invistam na produção de energia a partir de RSU através de programas e leis proporcionem os incentivos e investimentos. A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) fornece diretrizes e métodos para o desenvolvimento de RSU no Brasil, definindo as responsabilidades específicas das entidades públicas e privadas. (BRASIL, 2010).

O Plano Nacional de Resíduos Sólidos estabelece que projetos de pesquisa, financiamento, programas e investimentos poderiam chegar a R\$ 40 bilhões para 994 MW de potência em eletricidade de RSU nos próximos anos, mas espera-se que o os maiores incentivos

venham de gestores municipais, dos governos estaduais e União. Portanto, o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica amplia os incentivos para que os RSU produzam eletricidade a custos mais baixos, ampliando a participação de pequenos produtores e empresas privadas, inclusive em projetos de geração de energia. (BRASIL, 2022).

Para Santos (2011), novas tecnologias têm sido introduzidas no manuseio e processamento de RSU para apoiar essas tecnologias no desenvolvimento, utilização e pesquisa de produção de energia elétrica. No entanto, a implantação, operação e instalação continuam a ser um desafio. Na verdade, o custo da produção de energia continua muito elevado e as tecnologias utilizadas são muito complexas, exigindo espaço físico significativo para operação e instalação.

6 CONCLUSÃO

Ao longo do tempo, o desenvolvimento do país registrou progressos significativos, levando ao aumento do consumo de eletricidade e ao aumento da quantidade de resíduos urbanos nos últimos anos. Pode-se concluir que a eletricidade produzida a partir de RSU pode resolver graves problemas sociais, econômicos, ambientais e energéticos e é uma poderosa fonte de energia alternativa limpa e renovável.

A redução da quantidade de RSU deve se tornar uma realidade hoje, garantindo a qualidade da vida humana e protegendo o meio ambiente, razão pela qual recentemente muitos projetos, ideias e leis foram implementados. Espera-se que os RSU acabem por se tornar uma fonte de energia competitiva, exigindo projetos e tecnologias melhoradas, monitorar e promover desenvolvimento nesta área.

Por fim, um método seguro de produção de energia e que não causa problemas ambientais é a energia limpa e renovável, e estes RSU podem ser considerados como uma fonte de energia ao longo do tempo devido a atividade humana e se torna um recurso abundante que pode competir no mercado energético, reduzindo os impactos ambientais. Não apenas no Brasil, mas em todo o mundo.

REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 10004 Resíduos sólidos – Classificação**. 2004. Disponível em: <<https://analiticaqmcredutos.paginas.ufsc.br/files/2014/07/Nbr-10004-2004-Classificacao-De-Residuos-Solidos.pdf>>. Acessado em: 23 dez. de 2023.

BOLCCHI, Priscila; ANJOS, Franciele Silva Martins; SARTORI, Marcia Aparecida. **Geração de Energia Elétrica a Partir da Queima do Resíduos**. Universidade Metodista de São Paulo. São Bernardo dos Campos. São Paulo. 2018.

BRASIL. LEI Nº 12.305, DE 2 DE AGOSTO DE 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília, DF. Diário Oficial da União. 2010.

BRASIL. **PLANO NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS**. Brasília. 2022.

CONAMA, RESOLUÇÃO CONAMA-nº. 316, de 29 de outubro de 2002-Publicada no DOU no 224, de 20 de novembro de 2002. Seção, v. 1, p. 92–95.

FARIA, Daniel dos Anjos; COSTA, Filipe de Luca Venâncio Andrade e. **Estudo preliminar sobre a gaseificação de resíduos sólidos urbanos em escala laboratorial**. Uberlândia. 2023. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/38785/1/EstudoPreliminarSobre.pdf>>. Acesso em: 23 jan. 2024.

FEAM. Fundação Estadual do Meio Ambiente. **Aproveitamento energético de resíduos sólidos urbanos: guia de orientação para governos municipais de Minas Gerais**. 2012. Belo Horizonte. Disponível em: <<http://www.feam.br/component/content/article/995>>. Acesso feito em: 23 jan. 2024

GALVAO, Luiz Claudio Ribeiro, SAIDEL, Marco Antonio, RIBEIRO, Fernando Selles et al. **Energia de resíduos sólidos como mecanismo de desenvolvimento limpo**. ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL. 2002. Campinas. Disponível: <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC000000002200200100062&lng=en&nrm=abn>. Acesso em: 24 Jan. 2024.

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Resíduos sólidos urbanos no Brasil: desafios tecnológicos, políticos e econômicos**. 2020. Disponível em: <<https://www.ipea.gov.br/cts/en/topics/217-residuos-solidos-urbanos-no-brasil-desafios-tecnologicos-politicos-e-economicos>>. Acesso feito em: 23 jan. 2024.

LIMA, Fagner Michel de. **Panorama da Geração de Energia Elétrica a Partir de Resíduos Sólidos Urbano**. Campina Grande. 2017. Disponível em: <<http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/18747>>. Acesso em: 21 dez. 2023.

SANTANA, Deilande Ramos de. **Energia Renovável para o Desenvolvimento Econômico Brasil**. 2023. Disponível em: <<https://revistaowl.com.br/index.php/owl/article/view/8/9>>. Acesso em: 24 jan. 2023.

SANTOS, Guilherme Garcia Dias. **Análise e Perspectivas de Alternativas de Destinação dos Resíduos**. Janeiro: UFRJ/COPPE, 2011. XV, 193 p.

SATO, Minailli Harumi. **O papel das energias renováveis no desenvolvimento econômico sustentável**. Dourado. MS. 2022. Disponível em: <<https://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/handle/prefix/5029>>. Acesso em: 22 jan. 2024.