

**OS IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS PELO DESCARTE INADEQUADO DE
RESÍDUOS SÓLIDOS****IMPACTOS AMBIENTALES CAUSADOS POR LA ELIMINACIÓN
INADECUADA DE RESIDUOS SÓLIDOS****ENVIRONMENTAL IMPACTS CAUSED BY IMPROPER DISPOSAL OF SOLID
WASTE**

Maurina de Jesus Santos¹; Alex Sandro Santos Rodrigues²; João Vieira de Andrade³; Daniel Delgado Queissada⁴

1. Centro Universitário AGES
2. Centro Universitário AGES
3. Centro Universitário AGES
4. Centro Universitário AGES

RESUMO

O presente artigo trata-se de uma revisão bibliográfica de caráter qualitativo, que objetiva discutir os impactos ambientais causados pelo descarte inadequado dos resíduos sólidos (RS). Historicamente, os problemas ambientais eram mínimos, no entanto com o passar dos anos o cenário foi se modificando e com a revolução industrial, o capitalismo e o consumismo desenfreado, os resíduos passaram cada vez mais a serem constituídos de materiais recalcitrantes, não havendo um descarte adequado, os impactos como a poluição do solo, ar, água e a escassez dos recursos naturais foram sendo intensificados. Assim, princípios e diretrizes como os da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), são de suma importância para a gestão adequada dos RS. Existem várias tecnologias relacionadas à gestão dos RS, mas vale frisar que o tratamento é escolhido de acordo com a composição do resíduo e sua destinação final. Portanto, o desenvolvimento sustentável é imprescindível para garantir a sobrevivência e o bem-estar das gerações atuais e futuras.

PALAVRAS-CHAVE

Resíduos sólidos; Impactos ambientais; Sustentabilidade; Tratamentos

RESUMEN

Este artículo es una revisión bibliográfica de carácter cualitativo, que tiene como objetivo discutir los impactos ambientales causados por la eliminación inadecuada de residuos sólidos (RS). Históricamente, los problemas ambientales eran mínimos, sin embargo con el paso de los años el escenario cambió y con la revolución industrial, el capitalismo y el consumismo desenfrenado, los residuos se constituyeron cada vez más de materiales recalcitrantes, sin una disposición adecuada, se intensificaron impactos como la contaminación del suelo, el aire, el agua y la escasez de recursos naturales. Por lo tanto, principios y directrices como los de la Política Nacional de Residuos Sólidos (PNRS) son de suma importancia para la correcta gestión de la RS. Existen varias tecnologías relacionadas con el manejo de la RS, pero vale la pena señalar que el tratamiento se elige de acuerdo

con la composición del residuo y su destino final. Por lo tanto, el desarrollo sostenible es esencial para garantizar la supervivencia y el bienestar de las generaciones actuales y futuras.

PALABRAS CLAVE

Resíduos sólidos; Impactos ambientales; Sostenibilidad; Tratamientos

ABSTRACT

This article is a bibliographic review of qualitative character, which aims to discuss the environmental impacts caused by inadequate disposal of solid waste (RS). Historically, environmental problems were minimal, however over the years the scenario changed and with the industrial revolution, capitalism and unbridled consumerism, waste became increasingly constituted of recalcitrant materials, with no proper disposal, impacts such as soil pollution, air, water and the scarcity of natural resources were intensified. Thus, principles and guidelines such as those of the National Solid Waste Policy (PNRS) are of paramount importance for the proper management of RS. There are several technologies related to the management of RS, but it is worth noting that the treatment is chosen according to the composition of the residue and its final destination. Therefore, sustainable development is essential to ensure the survival and well-being of current and future generations.

KEY WORDS

Solid waste; Environmental impacts; Sustainability; Treatments

1 INTRODUÇÃO

O modo de vida do ser humano passou por transformações ao longo do tempo. O sedentarismo, o capitalismo e a industrialização são mudanças que contribuíram para o aumento populacional e desenvolvimento tecnológico. Mas, com a evolução surgiram impactos ambientais ligados a geração de resíduos sólidos (RS), pois com a alteração no estilo de vida, os resíduos orgânicos deram lugar a uma variedade de resíduos inorgânicos, dentre os quais alguns não são decompostos pelo ambiente ou demoram muito tempo para isso (SILVA; CERVIERI, 2015).

A revolução industrial e o crescimento populacional impulsionaram a produção e o consumismo. Desta forma, houve um aumento expressivo de demandas no âmbito da gestão ambiental, devido à alta produção de resíduos, os quais passaram a ser constituídos, principalmente, de elementos recalcitrantes, isto é, substâncias de difícil degradação. Vale destacar, que não houve um desenvolvimento sustentável em relação a esse crescimento industrial, e que a sociedade foi modificando-se sem a devida preocupação com o gerenciamento e destinação correta dos resíduos produzidos, como consequência, muitos impactos ambientais prejudiciais estão ocorrendo pelo descarte inadequado desses resíduos (SANTOS, 2012; NUNES; SILVA, 2015).

A falta de gerenciamento adequado dos RS vem causando inúmeros impactos ambientais e sociais. Nesse sentido, Garcia et. al (2015) ressaltam que o lixo, ao longo da história, tende a não receber uma destinação correta, como resposta a essa conduta, emergiram problemas ligados a poluição dos recursos hídricos, empobrecimento do solo e aumento de doenças, o que implica negativamente no bem-estar do ser humano. Sendo assim, os RS que não recebem uma disposição final e tratamento ambientalmente correto diminuem a qualidade do ar, do solo e da água (GOUVEIA, 2012).

Os RS são matérias indesejáveis e inúteis para os indivíduos que os descartaram, os quais causam riscos à saúde humana e ambiental quando são descartados inadequadamente. Nesse contexto, destaca-se que existem tecnologias para a destinação e tratamento de RS, mas, medidas para não-geração e reutilização devem ser priorizadas (SANTOS, 2012; PRATES; PIMENTA; RIBEIRO, 2019). Ademais, o Brasil dispõe da Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, regulamentada pelo decreto nº 10.936, de 12 de janeiro de 2022. Essa lei discorre sobre a Política Nacional de Resíduos sólidos, modifica a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, e dá resoluções a respeito dos RS no país (BRASIL, 2022).

Nesse sentido, o presente trabalho objetiva um estudo sobre os impactos ambientais causados pelo descarte inadequado de RS, bem como, identificar e analisar os processos sustentáveis e eficientes, de acordo com as legislações, para o descarte adequado desses. Dessa maneira, trata-se de um tema de altíssima relevância socioambiental, que aborda pontos importantes a respeito do assunto, além de apresentar estratégias que devem ser adotadas para o gerenciamento dos RS.

2 METODOLOGIA

O presente artigo trata-se de um trabalho de revisão bibliográfica de caráter qualitativo, o qual pode ser entendido como uma pesquisa realizada em artigos, teses, dissertações e livros, sejam eles digitais e/ou físicos (LIMA, 2018). Desse modo, entende-se que a pesquisa bibliográfica é fundamental e necessária para todas as áreas que o pesquisador se proponha a estudar, uma vez que propicia fazer um apanhado geral do assunto e obter conhecimento de modo significativo.

Vale frisar que a pesquisa bibliográfica é um meio interminável de obter informações, visto que envolve atividade que estimula o intelecto e contribui para as mais diversas formas do conhecimento. Sendo assim, Nascimento et al., (2021) afirma que a pesquisa bibliográfica é aquela desenvolvida mediante a publicações disponíveis, com isso, resulta em um produto decorrente de informações contidas em trabalhos anteriores. Nesse contexto, o artigo em discussão compreende um

conjunto de informações obtidas em obras de naturezas distintas que foram sistematizadas sob um olhar crítico e analítico

O passo inicial para a construção do presente artigo foi a escolha e delimitação do tema, por meio de uma pesquisa preliminar e de acordo com as inclinações e aptidão dos autores. Desse modo, foi uma etapa de grande relevância para tomada de decisão referente a temática a ser pesquisada, mediante a um apanhado introdutório decidiu-se fazer um estudo sobre os impactos ambientais causados pelo descarte inadequado dos RS. Com a escolha e delimitação do tema, foi realizada uma pesquisa aprofundada em artigos, dissertações, livros digitais, posterior a um fichamento, análise e interpretação dos dados e informações adquiridas.

A revisão bibliográfica é de suma importância, uma vez que permite a conciliação, comparação e análise do objeto de estudo sob as mais diversas perspectivas, sendo assim, esse tipo de trabalho oportuniza o pesquisador examinar a temática e fazer uma abordagem diferente, partindo dos mesmos pressupostos, mas, objetivando fazer considerações inovadoras e fundamentadas (CAETANO; LUNA, 2017). É relevante destacar que a pesquisa é uma prática de investigação de problemas mediante a métodos científicos, sendo assim é um processo constante de reflexão sistematizada, controlada e sob um olhar crítico que possibilita adquirir novas perspectivas em relação a dados, fatos e leis.

Para este estudo realizou-se o levantamento bibliográfico em bases de dados e plataformas para pesquisa científica como: Scielo, Google Acadêmico e Periódicos CAPES, seguindo como critério de inclusão artigos científicos e e-books conceituados que atendiam ao tema do estudo, publicados, de preferência, nos últimos 5 anos, no idioma português. Como parâmetros de exclusão, não foram considerados os estudos de caso, comentários e editoriais, artigos publicados antes de 2017 (salvo os julgados clássicos e fundamentais dentro do escopo do estudo) e aqueles que não atendiam os idiomas selecionados.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Um olhar retrospectivo a respeito dos resíduos sólidos

Nos primórdios, o homem utilizava os recursos naturais, porém os impactos ambientais eram quase inexistentes, pois com o modo de vida nômade, a maioria das pessoas não permaneciam no mesmo local tempo suficiente para impactar a natureza de forma crítica, além disso a maior parte dos resíduos produzidos eram orgânicos, sendo assim, eram decompostos facilmente. No entanto, com o

passar dos anos, esse cenário mudou drasticamente, em virtude do desenvolvimento de técnicas e tecnologias que permitiram o ser humano mudar seu estilo de vida para sedentário, influenciando assim negativamente na produção dos resíduos, os quais adquiriram novas formas, além da orgânica (SILVA; CERVIERI, 2015).

A formação de cidades ocorreu rapidamente, em pouco tempo a situação era preocupante, não havia a destinação correta para os resíduos produzidos, sendo descartados de qualquer forma, gerando ambientes propícios para surgimento de doenças, mau cheiro e impactos ambientais como a contaminação do solo, água e ar (SILVA; CERVIERI, 2015). Nesse sentido, o cenário não mudou positivamente, pois a industrialização impulsionou o êxodo rural, as pessoas migraram cada vez mais para as cidades, com isso aumentou-se a produção, o consumo e a geração do lixo recalcitrante (NETO et. al., 2015). A humanidade vem se desenvolvendo de forma rápida, sendo um progresso no qual, quase sempre, a sustentabilidade não está presente. Vale destacar que para Mezech e Freitas (2021) a sustentabilidade pode ser conceituada como atitudes que viabilizem a disponibilidade dos recursos naturais para todos inclusive para as gerações futuras.

Lima (2018) aborda que a revolução industrial com seu modo de produção acelerado por máquinas, facilitou a aquisição de produtos por parte da população, diante disso, as pessoas passaram a consumir de forma desenfreada, esse consumismo ocorre mediante a necessidade de atender aos padrões da sociedade e não as demandas pessoais, em vista disso, muitos problemas ambientais, como contaminação do solo, ar e água, surgiram e foram acentuados por conta da geração de lixo e falta de adequação no destino dos RS (Resíduos Sólidos). Ademais, o modelo econômico vigente favorece a exploração desenfreada dos recursos naturais, pois a produção de objetos com obsolescência programada contribui para o rápido descarte dos produtos, sendo assim é um modelo que incentiva o ciclo de comprar, descartar e comprar novamente, gerando acúmulos de RS (FIGUEIREDO; NASCIMENTO, 2021).

Siqueira e Alcântara (2016) alertam que a partir do século XVIII, com a Revolução Industrial começou a era dos descartáveis, na qual uma grande quantidade de produtos é jogada "fora", em qualquer lugar sem nenhum critério, ou seja, as pessoas, de forma muito rápida, se desfazem de inúmeros e variados objetos e embalagens, que sob uma perspectiva consumista e industrial não possuem mais utilidade. Dessa maneira, com o crescimento do capitalismo os impactos ambientais causados pelo descarte inadequado dos RS se intensificaram, pois não há disposição correta nem tratamento.

Muitos pesquisadores ambientalistas afirmam que o lixo é um dos maiores problemas ambientais urbanos. O modelo econômico vigente contribui para uma situação cada vez mais

preocupante, visto que, os produtos ao saírem das fábricas são rapidamente considerados lixo e descartados pelas pessoas. Dessarte, o consumidor em uma era tecnológica é bombardeado por inovações e lançamentos de produtos com funcionalidades distintas, as quais tornam o objeto já adquirido inútil, gerando assim a necessidade de acompanhar as novidades (NETO et. al., 2015).

Sendo assim, a geração demasiada de RS e seu gerenciamento e disposição merecem destaque no que tange ao desenvolvimento sustentável (GONÇALVES et. al., 2022). Posto que, o desordenado aumento populacional acentuou os problemas relacionados a esses resíduos, uma vez que o consumo desenfreado vem acompanhando da irresponsabilidade no gerenciamento e descarte, o que provoca desequilíbrio ambiental, prejudicando a qualidade dos recursos naturais. Desse modo, a sociedade moderna enfrenta essa problemática que é uma das grandes preocupações dos atores sociais e governamentais (FREITAS, 2021).

3.2. Impactos ambientais resultantes do descarte inadequado de resíduos sólidos

Anteriormente, o ser humano retirava da natureza apenas o suficiente para sua sobrevivência, não provocava grandes impactos a natureza, no entanto, com o passar dos anos esse cenário mudou e começaram a surgir sinais da irracionalidade humana como as mudanças climáticas, aquecimento global e diversos outros problemas. Nesse contexto, a população passou a preocupar-se mais com as questões ambientais, bem como em relação ao acúmulo dos resíduos gerados mediante a extração desenfreada e desperdício dos recursos naturais (CASTRO; SANTOS; SOUZA, 2022)

A humanidade sempre extraiu da natureza tudo o que precisava, modificando o ambiente em seu entorno para ter uma vida com mais qualidade, no entanto nunca houve preocupação com um processo de sustentabilidade realmente eficaz. Como consequência, é produzida uma enorme quantidade de RS, os quais são, em sua maioria, dispostos em locais inadequados ocasionando assim, problemas de ordem ambiental (SILVA; CERVIERI, 2015). Os gestores dos municípios brasileiros passam por grandes obstáculos quanto a gestão dos RS, pois exige investimento oneroso e, caso não sejam gerenciados de modo eficaz, podem resultar no agravamento dos problemas ambientais (GONÇALVES et. al., 2022).

A natureza está sendo afetada numa velocidade crescente, em decorrência desse desenvolvimento desenfreado e consumista que contribui para geração e descarte inadequado de resíduos. Os RS podem ser apontados como um dos mais graves problemas ambientais da atualidade (FREITAS, 2021). Dado que, quando são descartados de modo inadequado em lixões causam

inúmeros problemas como cheiros fortes e desagradáveis, poluição visual, contaminação das águas, tanto subterrâneas quanto superficiais (LIMA, 2018).

Nesse sentido, destaca-se que o lixo é um fenômeno do ser humano, sempre houve a produção, porém com o passar dos anos aumentou-se a quantidade e modificou-se sua composição drasticamente. As tecnologias da Revolução Industrial impulsionaram o desenvolvimento, mas também intensificaram a degradação dos recursos naturais e acúmulo de lixo, tudo isso para ser capaz de gerir o consumo desenfreado. Desta forma, os RS que não recebem um tratamento e destinação apropriada são dispostos de qualquer forma, em locais periféricos, rios, córregos, contribuindo assim para a contaminação do solo e dos recursos hídricos (NETO et. al., 2015).

Não se pode negar que as inovações tecnológicas e industriais foram relevantes no que diz respeito a melhor qualidade de vida, as transformações econômicas, culturais, sociais impulsionadas pelo desenvolvimento trouxeram vantagens para a população. Porém, com o passar dos anos, surgiram também as desvantagens que estão relacionadas à disposição inadequada dos RS que resultam na poluição dos elementos naturais podendo alterar suas propriedades físico-químicas e biológicas (FERREIRA, 2017). Esses resíduos, quando são descartados de forma inadequada, têm grande potencial poluidor, podem contaminar solo, água e o ar, por serem composto de inúmeros materiais, como íons metálicos, orgânicos voláteis e diversas outras substâncias.

Os orgânicos contidos nos resíduos ao decompor-se liberam o chorume, um líquido escuro e com odor forte, capaz de contaminar o solo, os lençóis freáticos e as águas superficiais (FREITAS, 2021). Ademais, pode haver a formação de gases tóxicos tanto no subsolo como na atmosfera, com isso, os impactos ambientais provocados pelos RS não são apenas imediatos, eles também contribuem de forma considerável nas mudanças climáticas a médio e longo prazo (CASTRO; SANTOS; SOUZA, 2022).

Os compostos orgânicos ao sofrerem decomposição produzem enormes quantidades de gases do efeito estufa (GEE), como no caso do gás metano (CH_4) que é tóxico e extremamente poluente (FERREIRA, 2017). Nesse contexto, ressalta-se que os RS são responsáveis por considerável parte da emissão de GEE quando disposto em lixões, aterros controlados ou em áreas inadequadas, pois possuem grandes quantidades de matéria orgânica, que ao entrarem em decomposição combinada com diversas outras substâncias presente nos resíduos liberam gases na atmosfera (FIGUEREDO; NASCIMENTO, 2021).

Os lixões são terrenos periféricos a cidades, nos quais depositam-se os RS, a céu aberto, sem nenhum critério ou tratamento (NETO et. al, 2015). Desse modo, muitos impactos são causados pelo descarte de forma incorreta, Andrade e Alcântara (2016) destacam que essa prática pode influenciar

negativamente a fauna, causando um desequilíbrio em toda a cadeia alimentar por conta do aumento desordenado de roedores e insetos, o que por sua vez contribui para o surgimento e proliferação de doenças. Além disso, a flora também é prejudicada, uma vez que diversas espécies vegetais podem desaparecer, deixando assim o solo propício à erosão, por conta da falta de uma cobertura vegetal, o que influencia também na redução drástica da fauna nativa.

3.3. A legislação e as suas principais alternativas para os resíduos

O Brasil se transformou em um país urbano, as populações migraram para cidades, no entanto esse crescimento não foi acompanhado de uma infraestrutura e serviços urbanos adequados, bem como em relação ao sistema de gestão e manejo dos RS. Nessa situação, em decorrência do desenvolvimento insustentável, por volta do século XIX problemas ligados ao RS ganharam destaque (SILVA et al., 2020). Sendo assim, o gerenciamento correto dos resíduos merece atenção do poder público e de toda a coletividade, em razão da sua importância do ponto de vista socioambiental.

De acordo com Santos e Medeiros (2020), o desenvolvimento em muitas nações não foi acompanhado de políticas sustentáveis para gerenciar a utilização dos recursos naturais, desse modo houve movimentos ecológicos-econômicos visando a conciliação do desenvolvimento e da sustentabilidade. A Conferência de Estocolmo foi o primeiro grande encontro focado no ambiente, decorrente da preocupação mundial com a preservação e com o impacto da poluição. Realizada em 1972 reuniu diversos atores da sociedade civil, políticos, estudiosos ambientais, esse evento originou o estabelecimento de meios para o controle dos problemas ambientais, bem como o aumento da visibilidade dos desastres ambientais e do aumento populacional sem uma gestão sustentável (LIZ et al., 2019). A Declaração de Estocolmo estabeleceu uma visão de modo global com princípios em comum para inspirar e orientar as pessoas das mais diversas partes do mundo a respeito da preservação e melhorias do ambiente (ONU, 1972).

O primeiro princípio expresso na declaração de Estocolmo diz que o homem tem vários direitos, como a liberdade, condições de vida adequada, um meio ambiente de qualidade, direito a uma vida digna, porém além dos direitos tem o dever de proteger e melhorar o meio ambiente para a geração atual e futura. Desse modo, é relevante que o ser humano desfrute dos benefícios que a natureza proporciona, mas que a preserve para que não seja devastada, assim a humanidade deve desenvolver-se de forma sustentável (ONU, 1972).

Após 20 anos da Conferência de Estocolmo, houve uma nova conferência em 1992, no Rio de Janeiro (Conferências das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento) a Rio-92 ou Eco-92 como ficou conhecida, foi organizada pela ONU (Organização das Nações Unidas) e teve como produto alguns documentos significantes acerca do ambiente, com destaque a Agenda 21, a qual objetiva nortear planejamentos e ações para que o desenvolvimento social ocorra de modo sustentável. Nesse contexto, a Agenda 21 foi um documento de âmbito mundial que transparece a preocupação com os recursos naturais e com o desenvolvimento econômico à medida que prevê o uso de modo racional dos recursos para que atenda as gerações futuras e não afete o desenvolvimento econômico (SANTOS; MEDEIROS, 2020).

Ademais, a Constituição da República Federativa do Brasil de 1988 dispõe em seu Art. 255, o direito de todos a um meio ambiente ecologicamente equilibrado, sendo o poder público e a coletividade responsáveis por preservar e defender esse meio para as gerações presentes e futuras. Para mais, a Carta Magna incumbe ao poder público o controle sobre a produção, comercialização e o uso de técnicas e substâncias que coloquem em risco a vida, bem como a qualidade dela e do meio ambiente. Vale destacar também que a Constituição Federal (CF) aborda a educação ambiental como importante para a preservação do meio ambiente, ao passo que o poder público deve promovê-la em todos os níveis educacionais (BRASIL, 1988).

Além disso, é relevante salientar que segundo a Norma Brasileira Regulamentadora NBR 10004 (ABNT, 2004), os RS são aqueles decorrentes de atividades industrial, doméstica, agrícola, comercial e até dos serviços de varrição, em relação ao estado da matéria, podem ser sólido ou semissólido, para tanto a categorização dos RS se dá mediante a identificação do processo ou atividade que os originou, como também a constituição e características, comparando-os com outras substâncias, cujo danos socioambientais já são catalogados. Desse modo, a norma faz uma classificação dos resíduos do ponto de vista gerencial, o qual diz respeito aos riscos em potencial para o ambiente e a saúde pública.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) instituída pela Lei nº 12.305, de agosto de 2010, dispõe a respeito dos princípios, objetivos, instrumentos e diretrizes da gestão e gerenciamento dos RS, com exceção dos radioativos, que possuem uma lei particular. A PNRS deixa explícito em seu Art. 1, inciso 1º que as pessoas físicas ou jurídicas de direito público ou privado que sejam responsáveis de forma direta ou indireta pela geração dos RS, ou por meio de ações ligadas a gestão integrada ou gerenciamento, estão sujeitos a observância da lei. Desse modo, todos são responsáveis pelos RS gerados independentemente de quem seja, não havendo nenhuma exceção (BRASIL, 2010).

A PNRS traz algumas definições de suma importância para o entendimento sobre diversas questões ligadas aos RS, bem como, coleta seletiva que é a segregação prévia dos RS de acordo com a composição ou constituição; destinação final ambientalmente adequada que remete a reutilização, reciclagem, compostagem, recuperação, aproveitamento energético e outras destinações que são legitimadas por outros órgãos competentes, já a disposição final ambientalmente adequada é referente a distribuição de modo ordenado dos rejeitos em aterros seguindo todas as normas operacionais para evitar danos ou risco a saúde pública, diminuindo assim os impactos adversos causados ao meio ambiente (BRASIL, 2010).

O gerenciamento de RS, de acordo com a PNRS, são ações diretas ou indiretas que estejam ligadas as etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. Por sua vez, a gestão integrada de RS diz respeito ao conjunto de ações direcionadas a busca de soluções para os RS, considerando todas as dimensões, política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social visando um desenvolvimento sustentável (BRASIL, 2010).

A PNRS diz que a responsabilidade do controle e descarte dos RS é tanto do produtor, quanto do importador e do consumidor, bem como do poder público, que tem o papel de fiscalizar todo o processo desde a extração da matéria prima no meio ambiente até o descarte final do produto (BRASIL, 2010). Nesse sentido, a PNRS é um instrumento legal que impõe a criação de planos para gerenciamento dos RS nos quatro níveis administrativos: municipal, estadual, regional e nacional. Outrossim, essa política nacional também incita o uso de tecnologias para destinação final ambientalmente adequada de modo a recuperar a energia dos RS e minimizar os GEE, contribuindo assim para a preservação do meio ambiente (SARMENTO et al., 2020).

Sendo assim, Reis (2018) destaca que as políticas de educação ambiental, orientam sobre a separação e descarte correto como base para um bom gerenciamento dos RS, e que a participação popular é fundamental no que diz respeito a aquisição do conhecimento fornecido, bem como a execução dessas orientações, para um bom gerenciamento dos resíduos. Segundo o autor, a responsabilidade do governo e da sociedade na gestão dos RS é indispensável, porém, as orientações precisam chegar de forma clara ao conhecimento da população. Em 2015 a ONU concluiu um plano de ação com 17 metas a serem cumpridas até 2030, tendo como principal objetivo o desenvolvimento sustentável, citando o meio educacional como principal ponto de disseminação de informações que liguem a legislação à população de forma geral.

3.4. Tecnologias relacionadas ao gerenciamento do RS

A grande quantidade de RS que é gerada diariamente em todos os lugares demanda cada vez mais atenção no que diz respeito a forma adequada de descarte desses, de tal modo que causem o menor impacto possível ao meio ambiente. Para tanto, é necessário que haja um gerenciamento efetivo de toda essa massa produzida. A PNRS, artigo 3º, inciso X define gerenciamento como sendo as ações exercidas de forma direta ou indireta, da coleta a destinação final ambientalmente adequada, nesse percurso é possível aliar o uso de diversas tecnologias a fim de tornar a prática o mais eficaz possível.

Com os crescentes avanços tecnológicos e uma expansão desenfreada da população mundial, a produção de lixo tende a aumentar exponencialmente e conseqüentemente a preocupação com seu descarte também, em proporções reais. Silveira Sobrinho (2017) destacam um estudo feito pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) juntamente com a ABRELPE (Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais) que em 2015 o quantitativo de resíduos gerados no Brasil aumentara 1,7% em relação ao ano anterior, e o que mais preocupou nesse levantamento era o fato de que esse percentual aumentaria gradativamente nos anos subsequentes.

A mesma pesquisa apontou que somente a região sudeste foi responsável por mais da metade (52,6%) de toda a massa gerada no país, tornando a região a de maior potencial energético obtido através do descarte adequado e reaproveitamento de todo o lixo produzido. Essa prática, além dos efeitos positivos no meio ambiente, contribui também de forma significativa na economia, como consequência a redução do uso de energias não sustentáveis, tal qual a produzida em termelétricas que se vale de combustíveis fósseis para funcionar em épocas nas quais as hidrelétricas, principal fonte do país, não consegue atender a demanda energética, principalmente quando há longos períodos de secas (SILVEIRA SOBRINHO, 2017).

Para tanto, a disposição e os métodos adequados a serem utilizados em todas as etapas sejam de descarte ou produção de energia devem ter como base além da PNRS (BRASIL, 2010), as resoluções que regem as categorias de tratamento específicos a cada material, tendo em vista que cada tipo de matéria deve ser tratada de acordo com sua composição e utilizando métodos específicos inerentes a sua constituição, assim os materiais de origem orgânica devem ser tratados de uma forma e outros oriundos de indústrias ou de setores específicos como hospitais devem ser descartados utilizando outros processos (PONCIAN, 2019).

Para Machado e Oliveira (2019), os processos de reciclagem e reutilização são duas práticas imprescindíveis no que diz respeito a redução e recuperação de materiais descartados no meio ambiente, tais métodos além de reduzir os impactos negativos no meio ambiente, geram um retorno econômico. Novack (2018) destaca ainda a reciclagem como sendo um dos principais redutores de

resíduos poluentes lançados no ecossistema, dado principalmente as técnicas cada vez mais modernas empregadas no processo e por serem, comparativamente a outros processos, de mais fácil acesso.

Polastri et al. (2018) elencam de forma objetiva as principais tecnologias e métodos empregados no tratamento adequado dos RS, tendo como base as orientações e conceitos contidos na PNRS, porém é ressaltado o quanto esses métodos implicam que em alguns dos casos haja investimentos altíssimos, mas que se fazem necessários quando se tem uma preocupação com as políticas de preservação ambiental. Silva Sobrinho (2021) destaca ainda a importância do uso das tecnologias de processamento de RS para a geração de energia que pode ser obtida principalmente com a captação do biogás emitido durante a degradação da massa de lixo processada, uma importante fonte de energia alternativa e que possui diversas aplicações.

Além dos já conhecidos métodos de descarte responsável dos RS, tais como aterros sanitários, tratamentos biológicos (compostagem), tratamentos térmicos (incineradores e pirólise) descritos na Resolução CONAMA nº 316/2002, tratamentos químicos (solidificação e estabilização) têm-se buscado cada vez mais métodos que além de reduzir a massa final dos resíduos, reduza também a emissão de poluentes gerados no processo. Nesse cenário, como uma alternativa aos incineradores convencionais, foi desenvolvida a tecnologia do plasma frio. Segundo Rodopoulos (2018), este método utiliza máquinas DTR (Decompositor Termomagnético de Resíduos) que funcionam a temperaturas bem inferiores aos incineradores e com uma eficiência superior, sendo que o processo utiliza a força magnética para a decomposição dos resíduos, altamente eficaz principalmente na redução dos gases nocivos emitidos no processo de degradação dos mesmos, quando comparado com a incineração tradicional. Esta técnica é considerada uma das melhores alternativas para o tratamento de lixo com alto poder contaminante, como resultado, em termos quantitativos a tecnologia é capaz de reduzir em até 95% da massa original.

Outra tecnologia similar ao plasma frio é o chamado plasma térmico ou tocha de plasma, considerada uma tecnologia limpa, esse processo além de tratar os resíduos com alto teor de poluentes como um todo, ainda é capaz de tratar cinzas tóxicas geradas em incineradores convencionais, sendo capaz de reduzir em até 99,99% a massa original dos rejeitos processados, apesar de sua eficiência, no Brasil há apenas um forno no estado de São Paulo que utiliza essa tecnologia (POLASTRI et al., 2018).

Todas as tecnologias empregadas no tratamento de lixo (seja qual for sua origem) atualmente possuem características e aplicações próprias bem como custos envolvidos, a implantação de cada uma delas mesmo estando de acordo com a PNRS, exige estudos detalhados para que sejam postas

em práticas, uma vez que além da implantação existem os custos da constante manutenção de todo o aparato envolvido no projeto escolhido (DURSO; LOPES, 2017).

Para Rodopoulos (2018), mesmo com todos os benefícios que todas essas práticas proporcionam, é preciso compromisso e responsabilidade para que realmente seja atingido os objetivos para os quais foram projetados, principalmente na etapa de implantação, fase mais sensível do projeto, pois exige estudos e análises mais aprofundadas, uma vez que cada região possui demandas e necessidades diferentes e esse tem sido um dos maiores desafios na implantação da maior parte das tecnologias de tratamento de RS.

Para Souza e Assis (2020), atualmente a tecnologia se apresenta de modo diferente em comparação a idade da pedra, no entanto, com os mesmos objetivos que é a busca de melhorias dos processos sociais coletivos e individuais. A reciclagem é uma tecnologia eficiente na gestão dos RS, pois reduz os impactos causados no meio ambiente pelos resíduos que seriam parte do montante presente nos lixões, reduzindo assim a disposição final inapropriada. Desse modo, a prática da reciclagem deve ser incentivada visando a redução do descarte de lixo e a renovação dos insumos para produção industrial, o que reduz a extração dos recursos naturais, assim a reciclagem pode ser entendida como um processo que altera as características físicas, químicas e/ou biológicas dos materiais, possibilitando assim o retorno ao ciclo, obtendo uma economia circular (BALBUENO et al., 2021).

3.5. Os resíduos sólidos, a sustentabilidade e os 7Rs

De acordo com Rohrich, Pereira e Gonçalves (2022), os resíduos sólidos são motivos de preocupações no âmbito da gestão ambiental, visto que tem aumentado em dois aspectos: volume e complexidade, o primeiro referente a quantidade aumentada de RS decorrente do sistema de produção, consumo e descarte irresponsável, já o segundo diz respeito a variedade de compostos cada vez mais constituídos de matérias recalcitrantes, altamente poluentes. Ademais, os lixões ainda são um grande problema no cenário brasileiro, não se tendo controle dos riscos que os resíduos descartados sob o solo a céu aberto oferecem, além disso, as estratégias de proteção a natureza nesses locais são inexistentes (NASCIMENTO et al., 2021).

Aproximadamente 90% dos RS depositados no solo e aterros são constituídos por materiais reutilizáveis, isso significa que grande parte do descarte poderia ser evitado se houvesse um gerenciamento adequado. Em virtude disso, uma alternativa para mitigar esse problema são as cadeias de suprimento de circuito fechado, que tem o potencial de reduzir em volume os materiais que são

destinados aos aterros, o que instigaria a reciclagem nas indústrias (SILVA; MARTINS, 2022). Vale destacar também os RS que possuem em sua composição matérias orgânicas, pois essas substâncias entram em processo de decomposição, produzindo o chorume, o qual tem grande potencial poluidor de solos e águas, tanto superficiais como subterrâneas. Diante disso, os cuidados para evitar a contaminação por meio do líquido tóxico são necessários mesmo depois de encerrar os lixões, já que a matéria continua seu ciclo (FREITAS, 2021).

A PNRS em seu 9º art. aborda uma ordem prioritária no que remete aos RS, sendo o primeiro lugar a não geração, seguido da redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos RS e por último a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (BRASIL, 2010). Dessa forma, entende-se que é preciso evitar a geração de resíduos, em segunda instância reduzir a quantidade gerada, ou seja, buscar meios para não descartar, reutilizando de alguma forma, caso não seja viável a reutilização deve-se reciclar, transformando-o assim em uma nova forma, modificando sua matéria, em penúltima posição o tratamento, que pode estar relacionado a inúmeras tecnologias e, por fim, à disposição dos rejeitos adequadamente no ambiente.

Nessa perspectiva, emergem os 7R's (reduzir, repensar, responsabilizar-se, reintegrar, recusar, reaproveitar e reciclar) que objetivam soluções viáveis para as questões ambientais, principalmente devido ao consumo desenfreado e da grande produção de resíduos que não são gerenciados adequadamente (MEZECH; FREITAS, 2021). Estes condizem com a PNRS no que diz respeito a ordem de prioridade na gestão do RS, sendo uma forma de conscientização sobre os grandes problemas ambientais. Sendo assim, o consumo consciente e sustentável deve ser uma prática prioritária na vida em sociedade e a educação ambiental pode atuar sensibilizando a população sobre a temática.

A educação ambiental nesse cenário se configura como ferramenta indispensável na conscientização dos setores sociais para disponibilização de soluções sustentáveis (FIGUEREDO; NASCIMENTO, 2021). A sustentabilidade ambiental é uma alternativa para mitigar os problemas relacionados a degradação do meio ambiente, tendo em vista assegurar sobrevivência e o bem-estar das gerações futuras, em um mundo mais ecológico. Os impactos causados ao meio ambiente são cada vez mais significativos e preocupantes, com isso, os 7R's atuam como meio para conscientizar as pessoas sobre a importância do consumo consciente (MEZECH; FREITAS, 2021).

Os lixões são áreas utilizadas para disposição final de RS, sendo locais a céu aberto que não possuem planejamento de proteção ao meio ambiente nem a saúde da população. Neste tipo de disposição final não há aproveitamento de resíduos. Neste sentido, a logística reversa são atividades ligadas ao controle de mercadorias do retorno, de pós-venda e de pós-consumo, a sequência produtiva

para que recebam uma destinação ou disposição final ambientalmente adequada (BALBUENO et al., 2021). Desse modo, a gerência dos RS é imprescindível, pois desempenha um papel socioambiental fundamental (NASCIMENTO et al., 2021).

Mesmo com o processo de destinação trazido pela PNRS, não se vê ainda uma melhora significativa do problema, pois apesar de se ter orientações para aproveitamento e tratamento de componentes, o descarte final, geralmente, é realizado ainda de forma inadequada (DA SILVA FILHO, 2019). Além disso, a separação correta ainda não é o suficiente, uma vez que se deve focar também no momento da coleta para que não ocorra a contaminação de produtos que serão reaproveitados, por elementos tóxicos. De acordo com uma pesquisa do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 2013, cerca de 1,04 kg de RS são gerados por habitante todos os dias, e a previsão é que em 2042 a população atinja 228,4 milhões de habitantes no planeta, dessa forma, a estimativa é que sejam gerados cerca de 31,6 trilhões de toneladas de RS durante o respectivo ano (FIGUEIREDO; NASCIMENTO 2021).

Em vista disso, é relevante a criação de campanhas eficazes para mudanças no comportamento da população, objetivando a construção de valores que são fundamentais para a mobilização e participação em vista do desenvolvimento sustentável (GONÇALVES et. al., 2022). Sendo assim, vale frisar que a sustentabilidade deve ser entendida sob dimensões variadas como a econômica, social, ambiental, institucional e cultural. O desenvolvimento sustentável em síntese é uma forma de atender as necessidades da geração atual, sem comprometer a disponibilidade de recursos para as gerações futuras e sem causar prejuízos irreversíveis a natureza (SILVA; MARTINS, 2022).

4 CONCLUSÕES

Diante do exposto, sabe-se que quando a maioria das pessoas possuíam um estilo de vida nômade, não permaneciam nos locais tempo suficiente para causar grandes impactos ambientais, uma vez que viviam como andarilhos, além disso, os resíduos produzidos eram compostos de materiais orgânicos, o que possibilitava a decomposição natural. No entanto, esse cenário mudou drasticamente com o fim da vida nômade e a revolução industrial, que levou a humanidade a um patamar elevado no que se remete ao desenvolvimento das técnicas de produção, impulsionado assim o consumismo exagerado e descarte incorreto dos RS produzidos, os quais provocam grandes impactos ambientais.

Os RS aumentaram drasticamente não só em relação a quantidade, como também a variedade dos materiais constituintes. Com isso, inúmeros impactos ambientais têm sido causados pelo descarte inadequado destes resíduos, ou seja, a falta de uma destinação e disposição final adequada provocam

a contaminação do solo, do ar, da água, tanto superficiais quanto subterrâneas e poluição visual nos locais onde são depositados. Além disso, a matéria orgânica contida nos RS ao entrar em decomposição contribui para a formação do chorume que é altamente poluente. Vale destacar ainda, as mudanças climáticas e o aquecimento global que são impulsionados pelo descarte inadequado dos RS, sobretudo com a liberação de metano (CH₄) que é um dos principais GEE.

Muitas tecnologias podem ser usadas para destinação e disposição final adequada dos RS, como a reciclagem, compostagem, aterros sanitários dentre inúmeras outras estratégias propostas pelos documentos legais como a PNRS e a Resolução CONAMA n° 316/2002. Cabe salientar que a PNRS estabelece uma sequência de prioridades em relação aos resíduos que são: não gerar, reduzir, reutilizar, reciclar, tratar e a disposição final adequada. Destaca-se também os 7R's (reduzir, repensar, responsabilizar-se, reintegrar, recusar, reaproveitar e reciclar) que são atitudes que todo ser humano precisa ter como ideologia de vida, para contribuir com a sustentabilidade e assim, garantir um desenvolvimento saudável.

Dessa maneira, a educação ambiental e a utilização de campanhas eficazes se configuram como ferramentas para disseminar informações a respeito dos impactos ambientais causados pelo descarte inadequado do RS para assim impulsionar uma mudança de pensamento e comportamento em toda a humanidade, sensibilizando os cidadãos sobre a necessidade de desenvolver-se de modo sustentável, preservando e protegendo o meio ambiente, garantindo assim um mundo melhor para todos os seres vivos, incluindo as gerações presentes e futuras.

REFERÊNCIAS

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas (2004). NBR 10.004: Resíduos sólidos: classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004
- ANDRADE, A. T. S.; ALCÂNTARA, R. L. (2016). Resíduos Sólidos Urbanos e Impactos Socioambientais no Bairro “Lagoa do Ferreiro”. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, Santa Maria, v. 20, n. 1, jan.-abr. Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas – UFSM, 2016, p. 16-31.
- BALBUENO, L. R. et al. (2021). Tratamento de resíduos sólidos no município de Bonito, Mato Grosso do Sul, Brasil, correlacionado com dados externos. (Interações, v. 22, n. 3, 2021, p. 883-905).
- BRASIL (1988). [Constituição (1988)]. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Brasília, DF: Presidente da República.
- BRASIL (2002). Resolução CONAMA n° 316 de 29 de outubro de 2002. Dispõe sobre procedimentos e critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos. Diário Oficial da União. <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=98287>.

- BRASIL (2010). Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial da União. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.html
- BRASIL (2022). Decreto nº 10.936 de 12 de janeiro de 2022. Regulamenta a Lei nº 12.305 de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2022/Decreto/D10936.htm
- CAETANO, A. C. G.; LUNA, M. M. M. (2017). O planejamento de sistema de gestão de resíduos sólidos urbanos com foco em embalagens: uma estrutura de análise da literatura. VIII Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade. ENANPPAS (2017).
- CASTRO, R. S. S.; SANTOS, V. C.; SOUZA, R. L. (2022). Proposta de gerenciamento de resíduos sólidos: resíduos de oficina mecânica. (Ciências exatas e tecnológicas, v. 7 n.2, 2022, p. 101-112)
- DURSO, T. F.; LOPES, J. C. J. (2017). Diagnostico das tecnologias aplicadas no tratamento e disposição final de resíduos sólidos urbanos em Mato Grosso do Sul. (VIII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 2017). <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2017/III-064.pdf>
- FERREIRA, R. (2017). Proposta de padronização cartográfica para carta-imagem emergencial de inundação Impactos ambientais decorrentes do lixão da cidade de Condado-PB. (Geografia, Ensino & Pesquisa (2017), Vol. 21, n.3, p. 142-1510).
- FIGUEIREDO, E. A.; NASCIMENTO, L. F. C. (2021). Resíduos sólidos e a responsabilidade ambiental. (Brazilian Journal of Development (2021), v.7, n.12, 2021, p.642-659).
- FREITAS, D. (2021). Impactos ambientais decorrentes do descarte inadequado dos resíduos sólidos em áreas urbanas do município de Ariquemes – Rondônia Ariquemes – RO, Trabalho de Conclusão de Curso para a obtenção de grau de Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária, apresentado à Faculdade de Educação e Meio Ambiente (2021) - FAEMA.
- GARCIA, M. B. et al. (2016). Resíduos sólidos: responsabilidade compartilhada. Semioses (v.9 n.2, p.77).
- GONÇALVES, P. P. et al (2022). Avaliação dos fatores que influenciam no desempenho dos ecopontos: um estudo de caso no município de São Luís, Maranhão. Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental. (v. 11, n. 1, p. 156-17).
- GOUVEIA, N. (2012). Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. Ciência & Saúde Coletiva.
- LIMA, L. A. (2018). Os resíduos sólidos e seus efeitos negativos. Revista de Pesquisa Interdisciplinar (v. 3, n. 1, 114-119).
- LIZ, M. S. et al (2019). Responsabilidade socioambiental da coleta seletiva de resíduos sólidos no município de Lages/SC. Ver. Geogr. Acadêmica (v. 13, n. 1).
- MACHADO, G. L.; OLIVEIRA, A. L. (2019). Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos. ESTO <https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/download/535/402>
- MEZECH, R. C. C.; FREITAS, A. P. M. (2021). Aproveitamento de resíduos de construção e demolição com foco na sustentabilidade. Disciplinarum Scientia. Naturais e Tecnológicas (v. 22, n. 2, p. 169-185).
- NASCIMENTO, N. V. *et al.* (2021) A gestão de resíduos sólidos no Nordeste Urbano. Research, Society and Development (v. 10, n. 11). <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i11.19431>

- NOVACK, R. (2018). Cooperativa de reciclagem de Correia Pinto-SC. Orientador: Prof. Coord. Ma. Tais Trevisan. 2018. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Arquitetura e Urbanismo) - Centro Universitário Facvest - Unifacvest. <https://www.unifacvest.edu.br/assets/uploads/files/arquivos/5dc74-tcc1--rodrigo-novack.pdf>.
- NUNES, R. R.; SILVA, R. A. P. (2015). Transbordo de resíduos sólidos. Revista Pensar Engenharia (v.3, n. 1).
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Declaração de Estocolmo sobre o Meio Ambiente Humano. In: Anais Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente Humano. Estocolmo, 6p., 1972.
- POLASTRI, Paula *et al.* (2018). Tecnologias aplicadas no tratamento e disposição final de resíduos sólidos industriais. 1º Congresso Sul-Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade – CONRESOL. <http://www.ibeas.org.br/conresol/conresol2018/XII-014.pdf>
- PONCIAN, I. M. *et al.* (2019). Impactos ambientais provocados pela disposição de resíduos sólidos no município de Caiapônia - GO. Itinerarius Reflectionis (v. 15, n. 3, p. 01–21). <https://www.revistas.ufg.br/rir/article/view/61389>
- PRATES, L. F. S.; PIMENTA, C. F.; RIBEIRO, H. F (2019). Alternativas tecnológicas para tratamento de resíduos sólidos urbanos. APPREHENDERE – Aprendizagem & Interdisciplinaridade (v.1, n.2, Edição Especial). <https://lataci.com.br/journal/index.php/apprehendere/article/view/40>
- REIS, D.; FRIEDE, R.; LOPES, F. H. P. (2018). Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei no 12.305/2010) e educação ambiental. Revista Interdisciplinar do Direito - Faculdade de Direito de Valença (v. 14, n. 1, p. 99-111).
- RODOPOULOS, A. A. (2018). A inovação no tratamento de resíduos de serviços de saúde. Orientador: Prof. MSc. Erika Costa Vieira Gagliardi. 25 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Administração de Empresas) - Centro Universitário de Brasília – UniCEUB. <https://repositorio.uniceub.br/jspui/bitstream/235/12724/1/21436423.pdf>
- ROHRICH, S. S.; PEREIRA, J. B.; GONÇALVES, A. O. (2022). A percepção da comunidade acadêmica a respeito da gestão de resíduos sólidos no setor litoral da UFPR. Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental (v.11, n. 1. p216-233).
- SANTOS, D. M. C.; MEDEIROS, T. A. (2020). Desenvolvimento sustentável e Agenda 21 brasileira. Ciência Atual.
- SANTOS, J. G. (2012). A logística reversa como ferramenta para a sustentabilidade: um estudo sobre a importância das cooperativas de reciclagem na gestão dos resíduos sólidos urbanos. Reuna (v.17, n.2, p. 81-96).
- SARMENTO, E. B. *et al.* (2020). Estudo do potencial energético dos resíduos sólidos domiciliares brasileiros a partir da sua composição gravimétrica. Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental. (v. 9, n. esp., p. 616-630).
- SILVA FILHO, C. R. V.; SOLER, F. D. (2019). Gestão de resíduos sólidos: o que diz a lei. Editora Trevisan, 2019.
- SILVA SOBRINHO, L. H. R. (2021). Estudo para aplicação da tecnologia de aproveitamento energético de resíduos sólidos urbanos: um estudo de caso para o município de Magé/RJ. Orientador: Amaro Olímpio Pereira Junior. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) - Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ.

http://www.ppe.ufrj.br/images/publica%C3%A7%C3%B5es/mestrado/Disserta%C3%A7%C3%A3o_Luiz_Henrique_Sobrinho.pdf

SILVA, F.; CERVIERI, L. (2015). Tratamento de resíduos sólidos: uma grande contribuição para o meio ambiente. *Revista Maiêutica* (v. 3, n. 1, p. 41-47).

SILVA, J. de S. *et al* (2020). Novas tecnologias aliadas ao desenvolvimento sustentável: criação de app para monitoramento de pontos inadequados de descartes de resíduos. *Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental*. (v. 9, n. 2, p. 433-452).

SILVA, K. F.; MARTINS, R. S. (2022). Proposta de modelo de suporte à gestão focado na sustentabilidade de cadeias de logística reversa de resíduos sólidos. *Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental.*, (v.11, n.1, p. 42-71).

SILVEIRA SOBRINHO, E. C. (2017). Geração de energia a partir de resíduos sólidos urbanos: possibilidade de receita para as cooperativas de eletricidade. Orientador: Prof. Dr. Juliano Anderson Pacheco. Monografia (Especialização em Energias Renováveis com Ênfase em Sustentabilidade) - Universidade do Sul de Santa Catarina - UNISUL. <https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/12052/1/Gera%C3%A7%C3%A3o%20de%20Energia%20a%20Partir%20de%20Res%C3%ADuos%20S%C3%B3lidos%20Urbanos.pdf>.

SOUZA, L. C. O.; ASSIS, C. M. (2020). Uso de novas tecnologias para educação ambiental em prol da gestão dos resíduos sólidos recicláveis em belo horizonte/mg. Florianópolis: Gest. Sust. Ambient. (v. 9, p. 1021-1039)