



**Universidade de Brasília – UnB**  
**Faculdade de Ciências da Saúde**  
**Programa de Pós-Graduação em Saúde Coletiva**

LAYRA EMILY RODRIGUES DIAS

**DESTINAÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS: UMA SÍNTESE DE  
EVIDÊNCIAS SOBRE OPÇÕES DE POLÍTICA**

Brasília

2022

LAYRA EMILY RODRIGUES DIAS

DESTINAÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS: UMA SÍNTESE DE  
EVIDÊNCIAS SOBRE OPÇÕES DE POLÍTICA

Dissertação apresentada ao Programa de  
Pós-Graduação em Saúde Coletiva da  
Faculdade de Ciências da Saúde da  
Universidade de Brasília para obtenção do  
título de Mestra em Saúde Coletiva

Área de Concentração: Epidemiologia,  
Ambiente e Trabalho

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria Paula do  
Amaral Zaitune

Brasília

2022

LAYRA EMILY RODRIGUES DIAS  
DESTINAÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS: UMA SÍNTESE DE  
EVIDÊNCIAS SOBRE OPÇÕES DE POLÍTICA

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Saúde Coletiva de Pós-Graduação em Saúde Coletiva da Universidade de Brasília.

Aprovado em 14 de dezembro de 2022

BANCA EXAMINADORA

---

Professora Doutora Maria Paula do Amaral Zaitune – Presidente da Banca  
Universidade de Brasília

---

Professora Doutora Elaine Nolasco Ribeiro – Membro Efetivo Externo ao Programa  
Universidade de Brasília

---

Professor Doutor Ivan Ricardo Zimmermann - Membro Efetivo  
Universidade de Brasília

## RESUMO

O crescimento populacional e a rápida substituição de bens duráveis, ocasionada pela Revolução Industrial e pela evolução tecnológica, têm provocado uma crescente preocupação ambiental em virtude do crescimento da geração de resíduos sólidos. Para levantar as opções de tecnologias e ações para a destinação final dos resíduos sólidos em município da Amazônia Legal foi utilizada a ferramenta SUPPORT (SUPporting POLicy relevant Reviews and Trials), que envolve um rigor metodológico e pressupõe o uso de evidências científicas globais para a tradução do conhecimento, materializada em uma Síntese de Evidências. O processo de tomada de decisão proveniente do uso da Políticas Informadas por Evidências é pautado no acesso ao conhecimento utilizado de forma sistemática e transparente. Existe uma grande dificuldade na utilização da evidência científica no processo de tomada de decisão, além de a disseminação desse conhecimento por si só não garantir o uso do mesmo. Ao mesmo tempo que para o desenvolvimento e aplicação de políticas públicas, os tomadores de decisão devem associar experiências que acumularam com valores e interesses sociais, motivados também pela oportunidade política e pelos recursos disponíveis. O uso da ferramenta SUPPORT resultou, portanto, em 13 opções de tecnologias para destinação final dos resíduos sólidos, incluindo a reutilização, reciclagem, compostagem, recuperação e aproveitamento energético e a disposição final. Sendo assim, a elaboração de políticas públicas informadas por evidências possibilita a melhoria dos sistemas e reduz os efeitos negativos provenientes de políticas públicas mal formuladas, os quais afetam prioritariamente a população.

Palavras-chave: Resíduos Sólidos, Tecnologia, Gerenciamento de Resíduos.

## ABSTRACT

Population growth and the rapid replacement of durable goods, caused by the Industrial Revolution and technological evolution, have caused a growing environmental concern due to the growth in the generation of solid waste. To raise the options of technologies and actions for the final destination of solid waste in the municipality of the Legal Amazon, the tool SUPPORT (SUPporting POlicy relevant Reviews and Trials) was used, which involves methodological rigor and assumes the use of global scientific evidence for the translation of knowledge, materialized in a Synthesis of Evidence. The decision-making process resulting from the use of Evidence-Informed Policies is based on access to knowledge used in a systematic and transparent manner. There is great difficulty in using scientific evidence in the decision-making process, in addition to the dissemination of this knowledge alone does not guarantee its use. At the same time as for the development and application of public policies, decision makers must associate experiences they have accumulated with values and social interests, also motivated by the political opportunity and available resources. The use of the SUPPORT tool resulted, therefore, in 13 technology options for the final destination of solid waste, including reuse, recycling, composting, energy recovery and use, and final disposal. Therefore, the elaboration of public policies informed by evidence makes it possible to improve systems and reduce the negative effects arising from poorly formulated public policies, which primarily affect the population.

Key words: Solid Waste, Technology, Waste Management.

## LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AM	Amazonas
AMSTAR	A Measurement Tool to Assess Reviews
AP	Área Protegida
COV	Compostos Orgânicos Voláteis
DECS	Descritores em Ciências da Saúde
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
IBICT	Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
MESH	Medical Subject Headings
NBR	Norma Brasileira
PCS	Produção e Consumo Sustentáveis
PIE	Política Informada por Evidência
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PUBMED	United States National Library of Medicine
RCD	Resíduos de Construção e Demolição
RSS	Resíduos de Serviços de Saúde
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SCIELO	Scientific Electronic Library Online
SUPPORT	SUPporting POLicy relevant Reviews and Trials
UE	União Europeia

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>8</b>
1.1. Resíduos Sólidos - Definições e Classificações Normativas .....	8
1.2. O aumento da geração de resíduos sólidos e os desafios do gerenciamento .....	10
1.3. O que tem sido feito para o tratamento e destinação final dos resíduos sólidos no Brasil e no mundo .....	14
1.4. As evidências científicas como subsídios para a tomada de decisão .....	16
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>17</b>
2.1. Objetivo Geral .....	17
2.2. Objetivos Específicos .....	17
<b>3. MÉTODOS</b> .....	<b>17</b>
3.1. Definição da questão de pesquisa .....	19
3.2. Busca de estudos .....	21
3.3. Seleção dos estudos .....	22
3.4. Avaliação da qualidade dos estudos .....	24
3.5. Extração de Dados .....	25
3.6. Análise de Equidade e Considerações sobre a Implementação .....	26
3.7. Diálogo de Políticas .....	28
<b>4. RESULTADOS</b> .....	<b>31</b>
SÍNTESE DE EVIDÊNCIAS .....	31
MENSAGENS-CHAVE .....	36
CONTEXTO E ANTECEDENTES .....	40
DESCRIÇÃO DO PROBLEMA .....	41
OPÇÕES PARA ABORDAR O PROBLEMA .....	41
CONSIDERAÇÕES SOBRE A IMPLEMENTAÇÃO DAS OPÇÕES .....	80
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	94
APÊNDICES .....	96
<b>5. CONCLUSÕES</b> .....	<b>135</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>137</b>
<b>APÊNDICES</b> .....	<b>140</b>
APÊNDICE A - PROTOCOLO PARA ELABORAÇÃO DE SÍNTESE DE EVIDÊNCIAS PARA POLÍTICAS .....	140

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. *Resíduos Sólidos - Definições e Classificações Normativas*

A Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS (BRASIL, 2010) foi instituída pela Lei Federal 12.305, no ano de 2010, e deve ser cumprida em todo território nacional, no que concerne à prevenção e à redução na geração de resíduos, um conjunto de diretrizes e metas para propiciar o aumento da reciclagem e da reutilização dos resíduos sólidos (aquilo que tem valor econômico e pode ser reciclado ou reaproveitado), além da destinação ambientalmente adequada dos rejeitos (aquilo que não pode ser reciclado ou reutilizado).

Entende-se como **resíduos sólidos** (BRASIL, 2010, p.11):

O material, substância ou bem descartado proveniente de atividades humanas, cuja destinação final se propõe a proceder nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas características impeçam o seu descarte na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou que, para isso, requeiram soluções inviáveis técnica e/ou economicamente, diante da melhor tecnologia disponível.

Já a norma NBR 10004 (ABNT, 2004, p.01), define resíduos sólidos como aqueles que se apresentam nos estados sólidos e semissólidos, provenientes de atividade industrial, doméstica, comercial, hospitalar, agrícola, de varrição e de serviços. Aqui se incluem os lodos provenientes dos sistemas de tratamento de água, os resultantes de equipamentos e instalações de controle de poluição e os líquidos cujas particularidades impeçam o seu lançamento nas redes públicas de esgoto e corpos d'água ou exijam, para isso, tecnologias inviáveis.

Os resíduos sólidos podem ser **classificados quanto à sua origem e periculosidade**. Quanto à origem, os resíduos podem ser: i) domiciliares; ii) de limpeza urbana; iii) sólidos urbanos (contemplando os domiciliares e os de limpeza urbana); iv) dos serviços públicos de saneamento básico; v) industriais; vi) de serviços de saúde; vii) da construção civil; viii) agrossilvopastoris; ix) de serviços de transportes; x) de mineração; ou xi) de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços, exceto os de limpeza urbana, dos serviços públicos de saneamento

básico, de serviços de saúde, da construção civil e de serviços de transportes (BRASIL, 2010, p.16).

Quanto à periculosidade, os resíduos podem ser classificados como perigosos ou como não perigosos. Os resíduos perigosos são aqueles que possuem características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade e que, por isso, oferecem risco à saúde pública ou à qualidade ambiental. Já os não perigosos são todos aqueles que não possuem características dos resíduos caracterizados como perigosos (BRASIL, 2010, p.17).

Em função dos riscos que podem acarretar ao meio ambiente e à saúde pública, os Resíduos de Serviços de Saúde (RSS), além dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), têm trazido grandes preocupações do ponto de vista do gerenciamento, tendo em vista o aumento da população e, conseqüentemente, da demanda pelos serviços de saúde (WINDFELD e BROOKS, 2015). Parte desses resíduos envolve um alto risco, pois podem conter agentes biológicos infecciosos, componentes potencialmente inflamáveis, corrosivos, tóxicos, radioativos e cortantes provenientes de atividades hospitalares e clínicas (médicas, odontológicas e veterinárias), bem como de farmácias, zoonoses e necrotérios, dentre outros (ABRELPE, 2020).

A norma NBR 10004 (ABNT, 2004, p.03) classifica os resíduos sólidos levando em consideração os seus potenciais riscos ao meio ambiente e à saúde pública, para que sejam gerenciados de modo adequado. Sendo assim, os resíduos podem ser Classe I (perigosos) ou Classe II (não perigosos).

Os Resíduos Classe I são aqueles que apresentam periculosidade, ou seja, que possuem propriedade físicas, químicas ou infectocontagiosas que representem: i) risco à saúde pública, ocasionando mortalidade, incidência de doenças ou realçando seus índices; ii) risco ao meio ambiente, quando gerenciado de modo inadequado; ou ainda iii) aqueles resíduos que possuam características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade (ABNT, 2004, p.03).

Os Resíduos Classe II - Não Perigosos, subdividem-se em: Classe II A - Não Inertes ou Classe II B - Inertes. Os Resíduos Classe II A são aqueles que não

podem ser enquadrados nas outras classificações, ou ainda aqueles que possuem características como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água. Os Resíduos Classe II B, por sua vez, são aqueles que, ao serem amostrados, conforme preconiza a norma NBR 10007 (ABNT, 2004, p.05), e submetidos ao contato com água destilada ou deionizada, não tiverem nenhum de seus componentes solubilizados em concentrações superiores às estabelecidas pelos padrões de potabilidade da água.

Os resíduos podem ser reutilizados, reciclados, compostados, recuperados, aproveitados energeticamente, dispostos em aterros ou em outras opções que sejam admitidas pelos órgãos competentes. Para estas ações, chamam-nas de **destinação final ambientalmente adequada**. Espera-se, ainda, a prática da **responsabilidade compartilhada** pelo ciclo de vida dos produtos, ou seja, a obrigação individualizada e conjunta de cada um dos entes participantes do ciclo de vida dos produtos (fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, consumidores e titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo), de modo a reduzir o volume de resíduos e rejeitos gerados, bem como os impactos gerados à saúde humana e à qualidade ambiental (BRASIL, 2010, p.11).

Portanto, para fins de entendimento, define-se o gerenciamento de resíduos sólidos por aquelas ações desempenhadas nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos (BRASIL, 2010, p.10).

## **1.2. O aumento da geração de resíduos sólidos e os desafios do gerenciamento**

O crescimento populacional e a rápida substituição de bens duráveis, ocasionada pela Revolução Industrial e pela evolução tecnológica, têm provocado uma crescente preocupação ambiental em virtude do crescimento da geração de resíduos sólidos (BARRETO et al., 2015).

No Brasil, segundo Campos (2012), o aumento na geração de resíduos sólidos *per capita* tem sido associado com algumas mudanças de hábito como: a

redução do número de habitantes por domicílio e da composição familiar; aumento do emprego e elevação da massa salarial; a entrada da mulher no mercado de trabalho de forma mais efetiva, a partir da década de 1970; o aumento do número de domicílios com mulher trabalhando; a maior facilidade na obtenção de crédito para o consumo; e o uso indiscriminado de produtos descartáveis. Além disso, ao que tudo indica, a composição física dos RSU também varia de acordo com a mudança de clima, situação econômica, estilo de vida, nível de educação e hábitos alimentares (KAMAREHIE et al., 2020).

Dados da Abrelpe (2022) revelam que, em 2022, foram gerados no Brasil um volume total de 81,8 milhões de toneladas de RSU, com uma geração média *per capita* de 381kg/ano. Em comparação com os anos anteriores, observa-se que o montante de RSU gerados no país apresentou uma curva regressiva, possivelmente às novas dinâmicas sociais, com a retomada da geração de resíduos nas empresas, escolas e escritórios, com a menor utilização dos serviços de delivery em comparação ao período de maior isolamento social e por conta da variação no poder de compra de parte da população.

Porém, com tendência ao crescimento da economia nacional, espera-se um aumento nesses valores, assim como também se espera que haja uma necessidade de implementação de políticas públicas mais efetivas, do ponto de vista da regularização das condições dos aterros sanitários, bem como de maiores incentivos econômicos para reciclagem e reaproveitamento energético dos resíduos sólidos urbanos (SOARES et al., 2017).

Do total de resíduos gerados no país, 93% (76,1 milhões) foram coletados, mas mostra que 5,7 milhões de toneladas não foram recolhidas no local gerado. Do total coletado, apenas 61% ou 46,4 milhões de toneladas foi disposto adequadamente nos aterros sanitários, sendo que 29,7 milhões de toneladas acabaram sendo dispostos em aterros controlados ou lixões (39%).

Segundo a Abrelpe (2020), estimativas baseadas em séries históricas apontam que, em 2030, a geração de resíduos no Brasil chegará a 100 milhões de toneladas ao ano.

Com o constante aumento na geração de resíduos sólidos, cresce também a dificuldade de gerenciar adequadamente esses resíduos e a necessidade de novas

áreas para a disposição final. Essa dificuldade se deve à demanda de recursos políticos, técnicos, logísticos e financeiros, que resulta em grandes volumes dispostos prioritariamente em lixões a céu aberto, aterros controlados, onde os resíduos recebem apenas uma cobertura de terra, ou até mesmo em recursos hídricos, o que se configura como um risco potencial ao meio ambiente e à saúde pública.

Segundo Gouveia (2012), os resíduos gerados pela sociedade não somente sofreram um acréscimo na sua quantidade, como também modificaram a sua composição, visto que passaram a ser compostos por elementos sintéticos também perigosos para os ecossistemas e para a saúde humana.

Em relação aos RSS, em 2020, cerca de 30% dos municípios brasileiros ainda destinam seus resíduos coletados sem nenhum tratamento prévio (ABRELPE, 2021).

Uma vez dispostos inadequadamente, os resíduos sólidos podem afetar a qualidade do solo, do ar e da água, por possuírem em sua composição Compostos Orgânicos Voláteis (COVs) e metais pesados, entre outros produtos perigosos, além do chorume, que é um produto da decomposição da matéria orgânica presente no lixo, e pode contaminar o solo e as águas superficiais, chegando às águas subterrâneas por meio do lençol freático. Pode ocorrer também a formação de gases tóxicos e explosivos que são acumulados no subsolo ou são lançados na atmosfera. Os impactos ao meio ambiente afetam as dimensões econômica, social, cultural e política e, vêm contribuindo também, para a degradação da qualidade de vida do ser humano (SOLIANI et al., 2019).

Do ponto de vista da saúde humana, os locais de disposição final podem propiciar a proliferação de vetores e de outros agentes transmissores de doenças, podem possibilitar a emissão de partículas e outros poluentes atmosféricos, provenientes da queima do resíduo a céu aberto ou da incineração sem controle, que são inalados e/ou consumidos por meio de água ou alimentos contaminados, ou por contato dérmico com solo contaminado, além de se constituírem como uma fonte de exposição humana a substâncias tóxicas variadas. Esses impactos afetam toda a população e não permanecem restritos somente às áreas de disposição final dos resíduos (GOUVEIA, 2012).

De modo geral, o despejo ilegal é referente principalmente aos resíduos de construção, materiais de decoração e resíduos sólidos domésticos, porém, alguns estudos têm incluído o lixo eletrônico, sob a ótica da toxicologia. Esses resíduos provocam sérios impactos no meio ambiente, e alguns dos resíduos podem até conter ingredientes nocivos (como metais pesados), que afetarão a saúde humana. Desta maneira, é urgente a necessidade de gerenciar o despejo ilegal e os efeitos associados (DU et al., 2021).

Ferreira e Anjos (2001) defendem que a definição das populações expostas aos efeitos decorrentes do gerenciamento inadequado dos resíduos sólidos municipais esbarra no fato de os sistemas de informação e monitoramento sobre saúde e meio ambiente não disporem de dados epidemiológicos confiáveis e suficientes, que contemplem o aspecto coletivo das populações.

Diante das crescentes preocupações com os padrões de consumo e os impactos decorrentes disso, surgiram várias iniciativas nacionais e internacionais com o intuito de desacelerar esse processo. Dentre os vários programas e projetos com o objetivo de incentivar medidas de transformação nos padrões de produção e consumo, em 2003 foi criado o Processo de Marrakesh, resultado de uma reunião na cidade do Marrocos, com o intuito de estabelecer padrões de Produção e Consumo Sustentáveis (PCS). O Brasil assumiu esse compromisso em 2007 (BRASIL, 2019).

Em 2000, 2,9 bilhões de pessoas viviam em cidades (49% da população mundial) e geravam 3 milhões de toneladas de RSU por dia (RAGHU e RODRIGUES, 2020). Já o Banco Mundial (KAZA et al., 2018) afirma que, até 2050, espera-se que o mundo gere 3,40 bilhões de toneladas de resíduos anualmente, aumentando drasticamente em relação aos atuais 2,01 bilhões de toneladas.

Sendo assim, na hierarquia da gestão de resíduos, desde aterros, recuperação de energia e reciclagem de materiais até a minimização de resíduos levarão ao aumento da complexidade dos dados, exigindo informações mais detalhadas sobre a geração de resíduos e composição (BEIGL et al., 2008).

### **1.3. O que tem sido feito para o tratamento e destinação final dos resíduos sólidos no Brasil e no mundo**

No Brasil, segundo Soares et al. (2017), a principal opção de destinação adequada dos resíduos sólidos gerados são os aterros sanitários, por apresentarem baixo custo e pelo fato de o país, aparentemente, possuir áreas livres, abundantes e propícias para este fim. Porém, a escolha por esta tecnologia tem resultado em práticas inadequadas em diversas regiões do país pois, apesar do baixo custo, o que se vê são prefeituras com dificuldades financeiras de arcar com os custos operacionais dos aterros sanitários. Essas falhas de gestão, na grande maioria dos casos, provocam a transformação desses aterros sanitários, que deveriam ser a opção mais adequada de destinação final dos resíduos municipais, em aterros controlados e, até mesmo, em lixões, com potencial altamente poluidor e prejudicial ao meio ambiente e à população.

Segundo Varjani et al. (2021), os aterros sanitários causam grandes problemas como a disposição e infiltração de lixiviados devido à construção no terreno e funções técnicas. Os lixiviados emitidos pelos aterros sanitários estão trazendo prejuízos à terra, bem como à água. Depois dos aterros sanitários, segundo dados da Abrelpe (2020), a escolha para destinação dos RSU são os aterros controlados e, por último, os lixões. Embora a maior parte dos resíduos, em volume, seja descartada nos aterros sanitários, uma quantidade considerável dos resíduos coletados ainda é destinada às opções que não possuem medidas de proteção contra danos à saúde da população e ao meio ambiente.

Ao contrário do que se tem visto nos países desenvolvidos, a incineração é um processo de destinação de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) ainda pouco utilizado no Brasil. O seu uso no país está basicamente restrito ao tratamento de resíduos perigosos, principalmente por conta do custo elevado da operação (SOARES et al., 2017).

Nos países da União Europeia, segundo Eurostat (2020), as políticas de gestão de resíduos possuem como objetivo a longo prazo a redução da quantidade de resíduos gerados e, quando essa geração for inevitável, possuem a meta de realizar a reciclagem a níveis mais altos e adotar o descarte seguro de resíduos.

Nesses países, as principais categorias de tratamento dos resíduos utilizadas são a recuperação e o descarte. Mais da metade dos resíduos, em 2016, foram tratados em operações de recuperação (53,2%), sendo que a reciclagem dos resíduos lidera a posição desta categoria (37,8%), seguida da utilização de resíduos para aterros de áreas escavadas ou para a segurança de encostas ou para fins de engenharia em paisagismo (9,9%) e, por último, a incineração com recuperação de energia (5,6%). Com isso, a parcela de resíduo encaminhada para a destinação final reduziu significativamente. Dos 46,8% restantes, 38,8% foram depositados em aterros sanitários, 1% foi incinerado sem recuperação energética e 7% foi descartado de outra forma (EUROSTAT, 2020).

Dentre os Estados-Membros da UE, existe uma diferenciação em relação à utilização que fizeram dos métodos de tratamento. A Itália e a Bélgica apresentaram taxas de reciclagem muito altas, enquanto países como a Grécia, Bulgária, Romênia, Finlândia e Suécia priorizaram a destinação final em aterros. Já na Alemanha, a maior parte dos resíduos é reciclada; em segundo lugar está a utilização para aterros; em terceiro lugar vem a disposição final em aterros sanitários; e, por último, vem a recuperação energética (EUROSTAT, 2020).

Para o tratamento dos Resíduos de Serviços de Saúde coletados no Brasil é utilizada, prioritariamente, a incineração. A segunda opção mais utilizada é a destinação sem tratamento prévio em lixões, aterros e outras opções; a terceira é a autoclave; e, por último, a utilização de micro-ondas (ABRELPE, 2020).

A participação de todas as partes envolvidas nos resíduos hospitalares precisa ser melhorada para que a saúde pública possa ser mantida e a propagação de doenças devido à negligência no gerenciamento de resíduos hospitalares possa ser evitada (BAYHAKKI e DEWI, 2020).

Em relação aos RSS nos países desenvolvidos, o principal método utilizado no tratamento desses resíduos é a incineração, que consiste na queima a altas temperaturas, gerando somente cinzas irreconhecíveis como produto (WINDFELD e BROOKS, 2015). Esse processo de queima controlada é capaz de tratar o poder infeccioso desse resíduo que, se fosse disposto de qualquer maneira, poderia comprometer a saúde do meio ambiente e da população.

De acordo com Soares et al. (2017), os métodos de tratamento dos resíduos sólidos no Brasil são mais antigos, se comparados aos praticados nos países desenvolvidos, o que ainda ocasiona mais impactos negativos do ponto de vista ambiental, econômico e social, quando comparados aos causados pelos países desenvolvidos.

A melhor opção para o tratamento de resíduos é aquela que considera as necessidades locais e os objetivos regionais dos municípios, além de economizar os recursos financeiros e ambientais da sociedade (SOLTANI et al., 2017).

#### ***1.4. As evidências científicas como subsídios para a tomada de decisão***

Existe uma grande dificuldade na utilização da evidência científica no processo de tomada de decisão, além de a disseminação desse conhecimento por si só não garantir o uso do mesmo (STRAUS et al., 2009). Ao mesmo tempo que para o desenvolvimento e aplicação de políticas públicas, os tomadores de decisão devem associar experiências que acumularam com valores e interesses sociais, motivados também pela oportunidade política e pelos recursos disponíveis (RAMOS e SILVA, 2018).

Nesta perspectiva, surgiu a "Política Informada por Evidência (PIE)" que utiliza o conhecimento científico para informar o processo de formulação e implementação de uma política e, segundo Head (2016), tem sido utilizada desde 1970, passando por um processo de retomada de força no final dos anos 90.

Ramos e Silva (2018) afirmam que o objetivo da PIE é informar os gestores sobre as estratégias disponíveis, além de indicar as melhores evidências apresentadas na literatura. Os autores afirmam ainda que, utilizar a PIE corretamente no ramo da saúde é imprescindível para que se alcance os resultados desejados no processo de tomada de decisão, tendo em vista os diversos fatores que influenciam essa área.

Diante do anteriormente exposto, espera-se que esta dissertação apresente considerações informadas por evidências para a tomada de decisão, no que tange a destinação de resíduos sólidos.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. *Objetivo Geral***

Levantar as opções de tecnologias e ações para a destinação final dos resíduos sólidos, que possam ser aplicáveis em diversos contextos.

### **2.2. *Objetivos Específicos***

- Identificar evidências globais sobre o uso de tecnologias e ações para a destinação final ambientalmente adequada de resíduos sólidos;
- Caracterizar as opções de tecnologias e ações para lidar com os resíduos sólidos; e
- Sintetizar as evidências sobre as opções de tecnologias e ações para a destinação final dos resíduos sólidos, com o intuito de subsidiar a tomada de decisão em relação à destinação final de resíduos sólidos.

## **3. MÉTODOS**

Para encontrar soluções para o problema dos resíduos sólidos em diversas localidades, utilizando-se de evidências científicas, optou-se pela elaboração de uma síntese de evidências, cujo protocolo de pesquisa foi desenvolvido previamente (APÊNDICE A).

As sínteses de evidências são documentos que agrupam evidências globais (por meio dos processos sistemáticos e transparentes das revisões sistemáticas) e

evidências locais, para subsidiar o processo de tomada de decisão sobre políticas e problemas de saúde e para o enfrentamento de um determinado problema (BRASIL, 2015, p. 07)

Para elaborar a síntese de evidências serão utilizadas as ferramentas SUPPORT (SUPporting POlicy relevant Reviews and Trials) que utilizam de evidências científicas disponíveis em revisões sistemáticas. A razão do uso de revisões sistemáticas se dá pela forma como são elaboradas, com métodos sistemáticos, transparentes e reproduzíveis, minimizando os vieses e sumarizam as melhores evidências em âmbito global (LAVIS et al., 2009a).

Essas revisões sistemáticas podem contemplar ou não métodos estatísticos (metanálise) para análise e sistematização dos estudos incluídos (OXMAN et al., 2009). Nos casos em que as revisões incluem métodos estatísticos, as chamadas metanálises, os estudos possuem viés reduzido e maior confiabilidade e precisão (LAVIS et al., 2009b).

Sendo assim, as ferramentas SUPPORT orientam o uso das evidências de pesquisa para identificar e esclarecer problemas, avaliar a aplicabilidade das evidências coletadas em um contexto local (LAVIS et al., 2009c).

Uma síntese de evidências tem como características: 1) descrever um problema de saúde definido como altamente prioritário e o seu contexto; 2) descrever o que se sabe sobre esse problema, os custos e consequências das opções para lidar com o problema e os pontos-chave para a implementação das opções; 3) informar sobre os métodos empregados para identificar, selecionar e analisar os dados da literatura, que devem ser sistemáticos e transparentes; 4) tecer considerações sobre a qualidade dos estudos selecionados, a aplicabilidade dos resultados ao contexto local, e equidade com relação a cada uma das opções identificadas para lidar com o problema; 5) ter um formato de apresentação, tamanho e linguagem que facilite a leitura pelas partes interessadas; 6) conter informação sobre uma revisão de mérito do ponto de vista da qualidade metodológica e relevância do problema analisado.” (BARRETO e TOMA, 2016)

As ferramentas SUPPORT também têm sido utilizadas no campo da Gestão de Resíduos Sólidos, para reunir ideias sobre tecnologias e métodos adequados para os desafios desse campo (MELARÉ et al., 2016).

A Organização Pan-americana de Saúde (OPAS, 2019) acrescenta que a **Síntese de Evidências para Políticas**, além de apresentar as evidências mais relevantes e aplicadas ao contexto contidas na literatura, traz opções para enfrentamento do problema e as considerações sobre a equidade na implementação destas opções.

O que são demonstrados como evidência global pelas revisões sistemáticas, nem sempre podem ser aplicáveis em um contexto local, visto os diferentes valores sociais e culturais, os recursos humanos, financeiros, os riscos e benefícios, entre outros. Neste sentido, as ferramentas SUPPORT preveem um momento em que representantes de um conjunto amplo de atores envolvidos nas questões e políticas a serem implementadas, trazem informações e julgamentos sobre o que pode ser implementado. Este momento é chamado de Diálogo de Políticas, que é uma estratégia metodológica que propõe a conversação propositada e facilitada entre grupos interessados que são chamados a considerar evidências empíricas no contexto do seu conhecimento tácito e experiências (ACOSTA et al., 2017). Ele permite que as evidências das pesquisas incluídas na Síntese de Evidências considerem as especificidades locais e incluam os pontos de vista, as experiências e os conhecimentos de quem está envolvido ou será afetado por futuras decisões sobre o assunto.

### **3.1. Definição da questão de pesquisa**

Partindo da necessidade de solucionar problemas relacionado aos resíduos sólidos, elaborou-se a seguinte pergunta: quais as opções de tecnologias para a destinação final dos resíduos sólidos encontradas na literatura?

A partir disso, foram selecionados os termos para busca nas bases, utilizando descritores de assunto identificados nos Descritores em Ciências da Saúde (DeCS) e no MeSH (*Medical Subject Headings*) e construiu-se as estratégias de busca com o auxílio do acrônimo PIOS (P: população; I: intervenção; O: *outcomes*, desfecho; S: Studies). Esse acrônimo é uma variação do PICO (P: população, I: intervenção, C: comparação, O: *outcomes*, desfecho), comumente empregado, cuja estratégia

direciona a elaboração da pergunta de pesquisa e da busca bibliográfica e permite ainda que o pesquisador encontre, de forma minuciosa, a melhor informação científica disponível (SANTOS et al., 2007), porém, sem a utilização da variável Comparação (Tabela 1):

**Tabela 1** - Estruturação da pergunta com o uso do acrônimo (PIOS) para mapeamento na literatura.

PIOS	Descrição	DeCS (latino americano)	MeSH (americano) - PubMed
Population	População afetada pela disposição inadequada de resíduos sólidos.	Solid Waste/Solid Wastes; Waste, Solid/Wastes, Solid; Human; Humans.	Solid Waste/Solid Wastes; Waste, Solid/Wastes, Solid; Human; Humans.
Intervention	Processamento/Tratamento de Resíduos Sólidos; Gerenciamento de resíduos.	Technology/Technologies (Tecnologias); Solid Waste Processing /Solid Waste Treatment (Processamento de Resíduos Sólidos); Waste Management (Gerenciamento de Resíduos).	Technology/Technologies (Tecnologias); Waste Management (Gerenciamento de Resíduos).
Outcomes	Eliminação dos resíduos; Destinação Final Ambientalmente Adequada; Disposição Final Ambientalmente Adequada	Refuse Disposal/Solid Waste Disposal (Eliminação de Resíduos) Environmentally Suitable Destination (Destinação Final Ambientalmente Adequada); Environmentally Suitable Disposal/Environmentally Suitable Final Disposal (Disposição Ambientalmente Adequada).	Refuse Disposal/ Solid Waste Disposal (Eliminação de Resíduos).

Studies	Revisões Sistemáticas; Metanálises; Síntese de Evidências; Política Informada por Evidências; Guidelines de Implementação de Políticas	Systematic Review; Meta- Analysis; Meta-Analysis as topic; Evidence-Informed Policy; Evidence-Based Policy; Evidence-Informed Policies.	Systematic Review; Systematic Review as Topic; Meta-Analysis; Meta-Analysis as Topic; Meta Analysis as Topic.
---------	---	--	---

---

Fonte: autoria própria.

### 3.2. **Busca de estudos**

A busca dos artigos foi realizada em cinco bases de dados: Epistemonikos, Health Systems Evidence, Social System Evidence, 3IE (International Initiative for Impact Evaluation) que promove políticas e programas de desenvolvimento informados por evidências, bases de dados relevantes para o tema dos Resíduos Sólidos, e também PubMed, base de literatura internacional revisada por partes, com ênfase em publicações americanas no campo das ciências em saúde.

Para isso, foi utilizada a seguinte estratégia de busca: (("Waste") OR ("Solid Waste") OR ("Solid Wastes") OR ("Solid-waste") OR ("Solid-Wastes") OR ("waste-collection")) AND (("Disposals") OR ("Disposal")) AND (("Technology") OR ("Technologies") OR ("recycling") OR ("management")), com a utilização dos filtros "Revisões Sistemáticas; Metanálises" na base de dados PubMed, com o filtro "Revisões Sistemáticas" nas bases de dados Epistemonikos e 3IE, com a utilização dos filtros "Evidence Briefs for Policy; Overviews of systematic reviews; Systematic reviews of effects; Systematic reviews addressing other questions; Systematic reviews in progress; e Systematic reviews being planned" nas bases de dados Health Systems Evidence e Social System Evidence, resultando em 306 artigos.

Os resultados da busca de todas as bases de dados *online* foram exportados para o *software* gerenciador de referências Rayyan, ferramenta gratuita de apoio à seleção de estudos no contexto das revisões sistemáticas.

**Tabela 2** - Resultado de busca a partir da estratégia definida.

Estratégia	PubMed	Epistemonikos	Health Systems Evidence	Social Systems Evidence	3IE	Total
("Waste") OR ("Solid Waste") OR ("Solid Wastes") OR ("Solid-waste") OR ("Solid-Wastes") OR ("waste-collection")) AND ("Disposals") OR ("Disposal")) AND ("Technology") OR ("Technologies") OR ("recycling") OR ("management"))	98	48	1	136	23	306

Fonte: autoria própria.

### **3.3. Seleção dos estudos**

Primeiramente, do total de 306 artigos, foram identificados 41 estudos duplicados, os quais foram excluídos após confirmação, restando 265 artigos. Após esta etapa, para a seleção dos estudos, foram adotados como critérios de inclusão as revisões sistemáticas e metanálises, publicadas em todos os idiomas, sem período de busca definido e com a utilização dos termos “Solid Waste/Waste, Technology/Technologies, Refuse Disposal, Waste Management, Systematic Review e Metanalysis/Meta-analysis” no título ou nos resumos. Além disso, foram selecionados também os estudos que se relacionavam com a questão de pesquisa.

O período de busca não foi definido para que sejam identificadas quaisquer tendências de destinação final de resíduos sólidos, e não somente as mais atuais, além de permitir que a busca tenha um número aceitável de artigos.

Foram selecionados os estudos que tratam do manejo dos Resíduos Sólidos Urbanos e dos Resíduos dos Serviços de Saúde, contemplando as categorias que envolvem a destinação final, segundo Brasil (2010): reutilização, reciclagem, compostagem, recuperação e aproveitamento energético e a disposição final.

Estudos contemplando categorias muito específicas de resíduos (industriais, agrícolas, da construção civil e de mineração), que se refiram ao manejo de águas residuais e ao saneamento, que falem sobre os efeitos da disposição inadequada de resíduos sólidos na saúde humana, que tratem do assunto de maneira genérica e muito ampla, que não se relacionem com a questão de pesquisa ou que não possuam os termos “Solid Waste/Waste, Technology/Technologies, Refuse Disposal, Waste Management, Systematic Review e Metanalysis/Meta-analysis”, MSW (Municipal Solid Waste/Solid Municipal Waste) no título ou nos resumos, foram eliminados.

Para a utilização dos critérios de inclusão e exclusão, a avaliação dos estudos elegíveis foi feita em duas etapas: a primeira pela leitura dos títulos e resumos, e a segunda pela leitura do texto completo. Na primeira etapa, a avaliação foi realizada obedecendo os critérios de inclusão e de exclusão e, excluindo os estudos que se diferem dos tópicos abordados na pergunta de pesquisa. Seguiram para a segunda etapa, portanto, 33 artigos não excluídos na primeira, onde foram realizadas as leituras completas dos manuscritos. Ambas as etapas foram realizadas por uma dupla de revisores, de forma independente, sendo que as discordâncias foram resolvidas por consenso. De modo a minimizar a existência de erros, neste processo foi utilizado o software Rayyan.

Dos 33 estudos selecionados, a base de dados negou acesso a um artigo completo e, dos 32 artigos que passaram pela leitura completa, 17 foram incluídos no estudo.

Apesar dos extensos esforços de pesquisa, as cadeias de pesquisa e palavras-chave utilizadas podem ter resultado na omissão de outros dados relevantes.

### **3.4. Avaliação da qualidade dos estudos**

A qualidade dos estudos foi avaliada por dois autores independentemente, utilizando a ferramenta AMSTAR 2 (A MEASUREMENT TOOL TO ASSESS REVIEWS 2), composta por 16 perguntas que são julgadas com categorias das seguintes respostas: ser completamente adequado ("sim"); parcialmente adequado ("parcialmente sim"); inadequado ("não"); ou não aplicável. Essa é uma versão atualizada de uma ferramenta capaz de avaliar criticamente a qualidade metodológica de revisões sistemáticas de intervenções (LATORRACA et al., 2019).

Segundo Lewin (2009), uma alta classificação fornecida por essa ferramenta, em geral, pressupõe resultados mais confiáveis das revisões, segundo aquilo que foi relatado. Avaliar se os resultados de uma revisão são confiáveis não significa avaliar a compreensão dos resultados da revisão em si, nem tampouco avaliar a relevância das revisões para as perguntas específicas relacionadas à política.

Segundo Shea et al. (2017), todas as etapas que conduzem uma revisão sistemática e metanálise são importantes, porém, sete domínios podem afetar criticamente a validade de uma revisão e suas conclusões, são eles: protocolo registrado antes do início da revisão (item 2); adequação da pesquisa bibliográfica (item 4); justificativa para excluir estudos individuais (item 7); risco de viés de estudos individuais incluídos na revisão (item 9); adequação dos métodos metanalíticos (item 11); consideração do risco de viés ao interpretar os resultados da revisão (item 13); avaliação da presença e provável impacto do viés de publicação (item 15).

Tendo em vista que esta é uma ferramenta destinada à avaliação crítica de estudos do campo da saúde, alguns itens direcionam as suas respostas especificamente aos tipos de estudos de ensaios clínicos randomizados e não randomizados, sendo eles: itens 3, 9, 11, 12 e 13. Na avaliação dos artigos, para esses itens, foram atribuídas as respostas "não" para os estudos que realizaram metanálise, porém os parâmetros da avaliação eram específicos para estudos clínicos randomizados ou não randomizados, e "sem metanálise" ou "nenhuma metanálise realizada" para as revisões que não realizaram metanálise. Vale lembrar que três desses itens são classificados como domínios críticos.

Todos os 17 estudos avaliados foram identificados com qualidade metodológica criticamente baixa. São classificados assim aqueles que apresentaram mais de uma falha no domínio crítico. Esses estudos apresentaram entre quatro e sete falhas críticas. Sobre o único estudo que apresentou quatro falhas críticas, a avaliação da sua qualidade talvez tenha sido afetada pela utilização de uma ferramenta de avaliação desenvolvida especificamente para estudos do campo da saúde, visto que a revisão realizou estudos de metanálise de forma satisfatória, mas não obteve resposta “sim” para os três itens referentes a isso porque as respostas eram referentes aos estudos randomizados ou não randomizados, não correspondente ao estudo. Desta maneira, se a ferramenta fosse adequada para o tipo de estudo, esta revisão seria, portanto, classificada com qualidade metodológica baixa, apresentando uma única falha em um domínio crítico.

Sobre a qualidade geral dos estudos, não muito raramente, algumas revisões sistemáticas buscaram estudos em apenas uma base de dados, não avaliaram a possibilidade de vieses, não realizaram avaliações metanalíticas e não descreveram com detalhes adequados os estudos incluídos.

Porém, conforme dito anteriormente, a ferramenta Amstar 2 se dedica a avaliar revisões sistemáticas de intervenções clínicas e não os aspectos ambientais e políticos dedicados à gestão dos resíduos sólidos. Sendo assim, revisões sistemáticas com escore baixo não necessariamente podem ser entendidas como de má qualidade.

### **3.5. Extração de Dados**

Para a elaboração e descrição das opções para enfrentar a disposição inadequada de resíduos sólidos, foram extraídas dos estudos selecionados as informações pertinentes. Para isso, estes estudos foram classificados conforme as seguintes informações: 1) Benefícios; 2) Danos potenciais; 3) Custos ou custo-efetividade em relação à situação atual; 4) Incertezas em relação aos benefícios, danos potenciais e riscos, de modo que o monitoramento e avaliação sejam garantidas se a opção for implementada; 5) Principais elementos da opção (se ela já

foi implementada/testada em outro lugar); e 6) Percepção dos sujeitos sociais (grupos de interesse) envolvidos na opção, quanto à sua efetividade.

Após a extração dos dados, os achados foram agrupados em áreas temáticas: opções para os resíduos orgânicos, opção para a reciclagem, opção para a incineração, opção para os resíduos de saúde, opção para a gestão integrada de resíduos sólidos, opção de disposição em aterros sanitários, opção para os materiais plásticos, opção para reutilização de resíduos, opção para participação de grupos de interesse; e opção com a utilização de softwares.

Durante a extração dos dados, notou-se que vários estudos trouxeram evidências relacionadas com a etapa de segregação, que é uma fase crucial para a gestão dos resíduos. Porém, como o presente estudo se ateve às evidências relacionadas à destinação final e a todos os processos incluídos nela, a saber: reutilização, reciclagem, compostagem, recuperação e aproveitamento energético e a disposição final, as intervenções que se referem à segregação, coleta e transporte de resíduos foram descartadas.

### **3.6. *Análise de Equidade e Considerações sobre a Implementação***

Conforme o afirmado por Gouveia (2012), o gerenciamento inadequado dos resíduos sólidos provoca uma série de consequências ambientais, que também podem provocar impactos à saúde humana.

Como as melhorias implementadas não atingem igualmente todos os grupos da população mundial, é fato que, assim como existem desigualdades no acesso aos recursos naturais que afetam o bem-estar, também existem desigualdades no estado de saúde. Essas desigualdades podem resultar em diferenças em uma população em termos de incidência de doenças, resultados de saúde e acesso a cuidados de saúde.

Programas e políticas podem ser bem-sucedidos na redução do gradiente de saúde entre os grupos mais e menos desfavorecidos dentro de uma população. No entanto, em alguns casos, essas intervenções podem contribuir para aumentar as desigualdades na saúde e, em última análise, podem até aumentar a distância entre

os mais e os menos desfavorecidos. Porém, a intervenção deve ser acessível, aceitável, eficaz e utilizada pelo grupo mais desfavorecido dessa população, para ser realmente eficaz na redução das desigualdades em saúde (O'NEILL et al., 2014). As pessoas são diferentes, têm necessidades diferentes e precisam de soluções diferentes, portanto, para que possam ter oportunidades iguais.

Desse modo, as intervenções precisam ser projetadas e implementadas com uma “lente de equidade” para garantir que os benefícios alcancem os segmentos mais difíceis de alcançar da população e para evitar desigualdades geradas por intervenções. Portanto, para promover o sucesso na abordagem das iniquidades em saúde, deve-se considerar os seguintes fatores: local de residência (rural/urbano/interior da cidade, países de baixa e média renda), raça/etnia/cultura/idioma, ocupação, gênero/sexo, religião, educação, status socioeconômico e capital social (acrônimo “PROGRESS”). Como um exemplo, afirma-se que muitas das diferenças nos resultados de saúde relacionadas ao local de residência são evitáveis se a infraestrutura necessária estiver instalada. Além disso, quando a diferença está relacionada à distribuição de serviços de forma que os serviços não estejam disponíveis para as populações que vivem em determinadas áreas, isso pode ser considerado injusto.

Para o desenvolvimento da análise de equidade da presente Síntese de Evidências foram considerados os diversos grupos de interesse envolvidos, com a utilização do acrônimo “PROGRESS”, em uma “chuva de ideias”, para garantir que as intervenções sejam projetadas e implementadas de modo a alcançar os grupos mais desfavorecidos ou de difícil acesso, promovendo a redução das desigualdades em saúde.

Por fim, algumas barreiras podem se levantar contra a implementação bem-sucedida de uma intervenção, as quais podem incluir: lacunas no conhecimento sobre os serviços; lacunas na compreensão de crenças ou práticas entre pacientes e sistemas locais de saúde ou provedores de programas; na capacidade de usar serviços devido à baixa alfabetização em saúde, barreiras linguísticas ou falta de adequação; e não querer usar os serviços existentes por medo e desconfiança (O'NEILL et al., 2014).

Nas considerações sobre a implementação, foram pesquisados, em todos os artigos incluídos, no campo “características dos estudos incluídos”, nos resultados ou nas descobertas, informações que pudessem subsidiar a composição das estratégias para superar as barreiras para a implementação da opção. Quando não encontrada nos estudos incluídos, essa informação foi pesquisada em outros artigos da plataforma Google. Vale lembrar que, para algumas opções, não foram encontradas considerações a respeito da implementação nos níveis da população, trabalhadores ou organização e serviços.

### **3.7. *Diálogo de Políticas***

O Diálogo de Políticas é um tipo de reunião com o objetivo de articular evidências científicas com visões, experiências e conhecimento tácito sobre um problema relevante de Saúde Pública. Para a identificação e seleção dos interessados, primeiramente é necessário reconhecer todos os interesses envolvidos, bem como os principais interessados que são influentes ou afetados pelo problema, categorizando-os em grupos conforme as suas semelhanças. Deve-se criar um Mapa de Análise de Partes Interessadas, uma ferramenta que permite que os participantes sejam selecionados de modo rigoroso, para uma representação justa e equilibrada de todos os interesses relevantes, garantindo que todos os afetados sejam considerados. As partes interessadas devem ser identificadas com base na variedade de interesses, conhecimentos, perspectivas e no poder de informar sobre as realidades políticas e econômicas que envolvem a implementação da política, além de serem identificadas e selecionadas pelo seu poder, interesse, valores, percepções e habilidades para influenciar a direção da política e os comportamentos durante o Diálogo de Políticas (WHO, 2016; ACOSTA et al., 2017).

O Diálogo de Políticas se configura, portanto, como uma estratégia bastante relevante para engajar interessados e comunidade no processo de planejamento e desenvolvimento de políticas e serviços, pois pode contribuir significativamente para a mudança de práticas e políticas de saúde, ao compreender os conhecimentos

técnicos e do mundo real, sendo mais legítimas, viáveis, mais bem enquadradas e inclusivas.

Ao contrário do debate, o diálogo, dentre outras características, é colaborativo, busca entendimento e busca o alcance de um denominador comum, no lugar de uma opinião vencedora ou opositora (BRASIL, 2013, p.03)

O ideal é que esse Diálogo de Políticas se configure como uma consulta às partes afetadas e/ou interessadas na resolução do problema, atentando-se para que haja uma representação adequada de tomadores de decisão, pesquisadores e representantes do terceiro setor, para obtenção de conhecimento tácito e de experiências.

Os participantes do diálogo devem ser escolhidos e convidados considerando seu conhecimento e vivência relevantes para a temática em questão e devem receber, com antecedência, as instruções e informações necessárias para garantir sua participação de forma efetiva. O grupo de participantes do Diálogo de Políticas pode ser composto por até 20 pessoas, escolhidas dentre as seguintes categorias: “Tomadores de Decisão”, que são técnicos e gestores que atuam no processo de formulação e implementação de políticas de saúde e de meio ambiente; a “Sociedade Civil Organizada”, que são representações de grupos organizados em entidades não governamentais formalmente constituídas, moradores impactados direta e indiretamente pela presença dos resíduos sólidos dispostos inadequadamente; e “Pesquisadores e Membros da Academia”, discentes e docentes que são integrantes de universidades e instituições de pesquisa que atuam no tema em questão.

Tem de se considerar os riscos ou implicações de se excluir certas partes interessadas, para que algumas informações não sejam coletadas de modo limitado. Além disso, os convidados precisam ser acompanhados para que eventuais respostas negativas ao convite de participação do Diálogo de Políticas sejam substituídas por integrantes de uma lista de espera (WHO, 2016).

A reunião do Diálogo de Políticas deve ser conduzida pela a regra da *Chatham House*, nome de um *Think Tank* (organizações que se dedicam a produzir conhecimento) sediado em Londres, que aborda temas de política internacional e que adotou o nome da casa que funciona como sua sede. Quando uma reunião é

organizada com base nesta regra, significa dizer que os participantes são livres para usar a informação recebida, mas não podem divulgar a identidade e a afiliação dos oradores e dos participantes. O intuito é tornar o local da reunião confiável para um diálogo aberto e livre, lembrando que a lista de participantes da reunião não será divulgada além dos participantes da reunião.

Para que os resultados do diálogo sejam consolidados e ajudem a produzir um relatório final de acompanhamento das ações decorrentes, a ser distribuído a todos os participantes para sua validação e *feedback*, além de garantir que nenhum detalhe da reunião seja perdido e que possa ser feita a sua transcrição, pode-se realizar a gravação de áudio do Diálogo de Políticas (com o consentimento dos participantes), com o uso de um gravador, sendo registrados os pontos de vista dos participantes, respeitando-se a regra de não atribuir autoria aos comentários.

Para conduzir a reunião deve ser designado um facilitador de diálogo com experiência em trabalhos onde existem diferenças de poder entre os interessados, capaz de extrair informações das pessoas mais silenciosas e que pouco se pronunciam e sabendo lidar também com os que naturalmente se pronunciam e dominam a discussão, garantindo que todos sejam ouvidos. Para envolver os participantes, estratégias pedagógicas como de educação dialógica e transformadora ou de construção comunitária podem ser utilizadas (ACOSTA et al., 2017).

As evidências encaminhadas aos atores escolhidos para participarem do Diálogo de Políticas devem ser previamente selecionadas pelo pesquisador, por meio de critérios específicos de aplicabilidade, considerando aquelas evidências que podem ser aplicáveis ao contexto local e retirando aquelas que, em virtude de serem adequadas para outras realidades do ponto de vista econômico, cultural e ambiental, a sua utilização naquela localidade se torne inviável.

Sendo assim, o Diálogo de Políticas tem o intuito de discutir a aplicabilidade das opções encontradas em evidências globais para o problema vivenciado em localidades específicas, sob o ponto de vista de quem está inserido no contexto.

## **4. RESULTADOS**

### **SÍNTESE DE EVIDÊNCIAS**

#### **Opções de tecnologias para Destinação Final de Resíduos Sólidos: uma Síntese de Evidências**

Brasília – DF

2022

## **Elaboração**

Layra Emily Rodrigues Dias (Universidade de Brasília - UnB)

Maria Paula do Amaral Zaitune (Universidade de Brasília - UnB)

## Sumário

MENSAGENS-CHAVE.....	36
CONTEXTO E ANTECEDENTES .....	40
DESCRIÇÃO DO PROBLEMA .....	41
OPÇÕES PARA ABORDAR O PROBLEMA .....	41
CONSIDERAÇÕES SOBRE A IMPLEMENTAÇÃO DAS OPÇÕES .....	80
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	94
APÊNDICES .....	96

## **Síntese de evidências para políticas:**

Opções de Tecnologias para Destinação Final de Resíduos Sólidos: uma Síntese de Evidências

### **Inclui**

- Contextualização e descrição de um problema;
- Opções viáveis para resolver o problema identificado;
- Considerações de equidade para as opções; e
- Considerações sobre a implementação das opções identificadas.

### **Não inclui**

Essa síntese **não incorpora recomendações** sobre qual(is) opção(ões) deve(m) ser selecionada (s) para implementação da política.

### **Para quem a síntese de evidências para políticas é direcionada?**

Para formuladores e implementadores de políticas de saúde, seu pessoal de apoio e outras partes interessadas no problema abordado por essa síntese de evidências.

### **Para que a síntese de evidências para políticas foi elaborada?**

Para subsidiar as decisões a serem tomadas na solução de problemas em questão, de políticas ou programas de saúde, das quais essas sejam bem fundamentadas por evidências científicas relevantes e disponíveis, identificadas, selecionadas e avaliadas por meio de processo sistemático e transparente.

### **O que é uma síntese de evidências para políticas de saúde?**

É um resumo das evidências de pesquisas globais e locais relevantes que foram identificadas, avaliadas e organizadas em opções para o enfrentamento de problemas de saúde para subsidiar o diálogo de políticas com os atores envolvidos como gestores, sociedade civil organizada e pesquisadores.

Para elaboração de síntese de evidência utiliza-se processos sistemáticos e transparentes para fundamentar as decisões relacionadas às políticas, bem como o julgamento e suas implicações.

### **Objetivos da síntese de evidências para políticas de saúde**

- Esclarecer e priorizar os problemas de políticas ou programas de saúde em questão;
- Subsidiar as decisões para políticas ou programas de saúde considerando os benefícios, prejuízos, custos locais ou relação custo-benefício, aplicabilidade, pontos de vistas e experiências das partes interessadas e aspectos de equidade para as opções; e
- Identificar as considerações sobre implementação das opções.

### **Universidade de Brasília - UnB**

Inaugurada em 21 de abril de 1962, a Universidade de Brasília foi criada a partir da interação entre o arcebispo Darcy Ribeiro e o educador Anísio Teixeira.

### **Financiamento**

Essa síntese de evidências não teve financiamento, sendo desenvolvida com recursos próprios.

### **Conflito de interesses**

Os autores declaram não possuírem conflito de interesse.

### **Revisão de método da síntese de evidências para políticas de saúde**

Essa síntese de evidências foi revisada em método por especialistas, na identificação, seleção e avaliação crítica, quanto sua relevância para a política de saúde.

## MENSAGENS-CHAVE

### O problema

O Brasil assumiu um compromisso internacionalmente em 2015, na cúpula das Nações Unidas, para colaborar para o alcance dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) - Agenda 2030, dentre os quais destacam-se: ODS 6 (água potável e saneamento), ODS 11 (cidades e comunidades sustentáveis), ODS 13 (ação contra a mudança global do clima) e ODS 15 (vida terrestre). Além disso, a Lei nº12.305, de 02 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, prevê que, no prazo de 4 (quatro) anos todos os rejeitos produzidos no Brasil devem ter uma destinação correta, bem como prevê também a desativação de todos os lixões a céu aberto existentes no país. Sendo assim, é um compromisso do Brasil adotar medidas que promovam o crescimento global sustentável e a redução dos impactos ambientais decorrentes da disposição inadequada de resíduos sólidos.

### Opções para enfrentar o problema

Constatou-se que as opções de tecnologias para destinação final dos resíduos sólidos mais usuais, como incineração, aterros sanitários, reciclagem e compostagem, foram mencionadas nos estudos encontrados, dentre outras opções tecnológicas menos usuais, como a biodegradação de plásticos ou a utilização dos resíduos sólidos como agregados de asfalto, refletindo o bom resultado da pesquisa. A prova disso é o fato do presente estudo ter resultado em 13 opções de tecnologias para destinação final dos resíduos sólidos, o que, diga-se de passagem, inclui a reutilização, reciclagem, compostagem, recuperação e aproveitamento energético e a disposição final.

**Opção 1** – Incentivar a compostagem aeróbica doméstica e em pequena escala como uma tecnologia de recuperação de nutrientes, visando o desvio de resíduos da destinação final e a produção de biofertilizantes

Os Resíduos Verdes (madeira e casca de árvore, poda de árvores jovens e arbustos, folhas mortas e verdes, aparas de grama e solo) juntamente com outros resíduos alimentares, constituem a maior fração de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) (R-TORRES et al., 2018). Além disso, o fato dos RSU gerados nos países do BRICS (Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul com suas economias em desenvolvimento) ou em outras nações de baixa renda possuírem uma maior quantidade de material orgânico, revela um maior potencial para realização de compostagem nesses locais (GONÇALVES et al., 2018; KAMAREHIE et al., 2020).

**Opção 2** – Incentivar a realização da vermicompostagem para reduzir a quantidade de resíduo orgânico que chega ao lixão e para produzir biofertilizantes importantes para a fertilidade do solo

No caso da disponibilidade limitada de espaços e da necessidade de produção de substâncias húmicas como biofertilizantes para fixação do solo e crescimento das plantas, a vermicompostagem se mostra uma opção para recuperação de nutrientes dos resíduos orgânicos. Sendo assim, vermicompostagem se torna interessante para utilização em contextos agrícolas.

**Opção 3** – Utilizar a digestão anaeróbica para recuperação de energia, com a produção extensiva de biogás e a redução de resíduos enviados para o lixão

A conversão de resíduos em produtos biológicos valiosos tem ganhado grande atenção nos dias de hoje, também porque a reciclagem de resíduos resulta em impactos positivos para a preservação do meio ambiente (VARJANI et al., 2021). Segundo os mesmos autores, em países que ainda estão em desenvolvimento, os resíduos sólidos são um problema maior do que a sua gestão, portanto, devem ser adotadas medidas que fortaleçam o gerenciamento desses resíduos com possibilidades de geração de recursos econômicos já que, nesses países, o fator econômico é quase sempre determinante.

**Opção 4** – Disseminar os conceitos da Economia Circular e fortalecer a conexão entre eles e a gestão dos resíduos sólidos

A Economia Circular vem para aumentar a eficiência dos processos e reduzir o consumo de recursos naturais, ao passo que capta as necessidades do consumidor. Para estabelecer uma cascata de recursos biológicos em todos os níveis da economia, cadeias de valor de base biológica inteiras teriam que ser criadas e depois integradas em redes de valor. Essa ação contribui para fechar o ciclo resíduo orgânico-energia-alimento. A integração de tecnologias de tratamento de gestão de resíduos cria a melhor estrutura para tratamento e recuperação de resíduos, minimizando os efeitos negativos em várias dimensões sustentáveis, como econômica, ambiental e social. Cadeias de valor circulares de base biológica propõem fechar fluxos de materiais e energia, transformando processos lineares de produção em processos circulares ou fechados, reduzindo a geração de resíduos. Para a dimensão social, indicam que os municípios têm potencial para implementar planos de solução de resíduos com a participação da população. Nesse processo, os resíduos orgânicos podem gerar energia renovável e apoiar projetos empresariais comunitários (PAES et al., 2019).

**Opção 5** – Realizar a Reciclagem de materiais, incentivando a participação pública e também do setor informal

A reciclagem é rentável, mas há menos incentivos ao investimento para suas instalações. Na hierarquia de gestão de resíduos sólidos, a reciclagem é considerada a melhor alternativa para reduzir os efeitos causados pelo fim do uso e fim dos resíduos de embalagens plásticas pós-consumo (ILYAS et al., 2018).

**Opção 6** – Incineração e tratamento das cinzas volantes e de fundo resultantes da incineração

Dentre os motivos que justificariam a escolha da incineração de resíduos como tipo de tratamento, destacam-se a referida possibilidade de recuperação energética; possibilidade de eliminação de numerosos tipos de resíduos, incluindo-se a destruição de resíduos perigosos, como os hospitalares; e a redução de cerca de 90% do volume dos resíduos (SILVEIRA, 2014).

**Opção 7** – Tratamento dos Resíduos Sólidos dos Serviços de Saúde

As práticas de gestão dos Resíduos Sólidos dos Serviços de Saúde variam muito de país para país, de acordo com vários fatores, como condições socioeconômicas, regulamentação, nível de educação, recursos disponíveis, tecnologias de tratamento e a capacidade de monitorar e gerenciar melhor as práticas inadequadas (CANIATO et al., 2015).

**Opção 8** – Implementar a Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (GIRS)

Para prever a quantidade de RSS que pode ser gerada no futuro, é muito importante que as autoridades hospitalares formulem políticas de descarte e façam uma estimativa dos recursos e equipamentos que seriam necessários para o período considerado (THAKUR e RAMESH, 2015).

**Opção 9** – Dispor os Resíduos em Aterros Sanitários

Os aterros sanitários são uma versão modificada dos aterros abertos que acomodam coleta de gás e tratamento de lixiviados. O aumento da atenção aos aterros a céu aberto pode estar relacionado ao maior número de países em desenvolvimento, uma vez que esta opção é uma das unidades de gestão de resíduos mais baratas e menos tecnologicamente intensivas disponíveis (MULYA et al., 2022).

### **Opção 10 – Biodegradação de Plásticos**

O plástico é um material sintético amplamente utilizado em diversos setores. Apesar de ter uma série de benefícios para a sociedade humana, os materiais dos plásticos contribuem com uma variedade de deméritos, portanto, atualmente, a gestão de resíduos plásticos é uma questão ambiental importante (ILYAS et al., 2018).

### **Opção 11 – Reutilizar os resíduos sólidos como agregados de asfalto**

É essencial aumentar a conscientização sobre a necessidade de conservar o meio ambiente e preservar os recursos naturais, porque eles se formam de forma extremamente lenta. Além de reduzir o uso de recursos naturais, a incorporação de resíduos como substitutos de agregados nas misturas asfalto de matriz de pedra melhorou o desempenho de sulcos e fadiga das misturas asfálticas (BABALGHAITH et al., 2022).

### **Opção 12 – Incentivar a participação de grupos de interesse (stakeholders) no processo de tomada de decisão sobre a gestão de resíduos sólidos**

As parcerias/partes interessadas são um elemento essencial a ser considerado, reconhecendo as abordagens sistêmicas para a mudança de comportamento. A intenção é ir além de influenciar a consciência ou atitudes e crenças, para criar condições que facilitem e mantenham a mudança de comportamento a longo prazo (SEWAK et al., 2021).

### **Opção 13 – Utilizar softwares como ferramentas para a gestão dos resíduos sólidos**

A utilização de ferramentas como o Sistema de Apoio à Decisão (SAD), o Aprendizado de Máquina (Machine Learning) e a Inteligência Artificial (Artificial Intelligence) podem fornecer subsídios importantes para a otimização de processos e custos da Gestão dos Resíduos Sólidos.

## CONTEXTO E ANTECEDENTES

Sabe-se que existem várias inconformidades ambientais em diversas áreas do território brasileiro e que vários municípios possuem problemas relacionados com a escassez de recursos e dificuldade de acesso. O fato contribui sobretudo para a ocorrência de problemas ambientais como os relacionados com os resíduos sólidos.

Diante da mudança dos padrões de consumo da população, das dificuldades enfrentadas por alguns territórios em se adequar ao cenário idealizado pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010), dos problemas ambientais e de saúde decorrentes disso, faz-se necessário o levantamento das opções de tecnologias e outras ações para a destinação final dos Resíduos Sólidos.

## **DESCRIÇÃO DO PROBLEMA**

De acordo com Siqueira e Moraes (2009) os problemas ambientais também são problemas de saúde, evidenciando a necessidade de readequação dos padrões de vida da sociedade. A degradação do meio ambiente está fortemente vinculada ao comprometimento da saúde física, mental e social do indivíduo, sendo o homem parte do meio ambiente natural e sofrendo, portanto, com qualquer intervenção feita sobre ele. Do ponto de vista da destinação inadequada dos resíduos sólidos, que se transformam em habitat para a proliferação de vetores de doenças, além de contaminar solos, águas subterrâneas, superficiais e o ar, a estrutura epidemiológica da comunidade é fortemente afetada. Além disso, a Lei nº12.305, de 02 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, prevê que, no prazo de 4 (quatro) anos todos os rejeitos produzidos no Brasil devem ter uma destinação correta, bem como prevê também a desativação de todos os lixões a céu aberto existentes no país. Sendo assim, é um compromisso do Brasil adotar medidas que promovam o crescimento global sustentável e a redução dos impactos ambientais decorrentes da disposição inadequada de resíduos sólidos.

## **OPÇÕES PARA ABORDAR O PROBLEMA**

Para elaborar esta síntese, a equipe utilizou como referência a metodologia proposta pela Rede de Políticas Informadas por Evidências (EVIPNet), que se baseia no conjunto de ferramentas do projeto SUPPORT (SUPporting POLicy relevant Reviews and Trials) (LAVIS et al., 2009).

A definição do problema prioritário resultou de reuniões com servidor da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA). O objetivo deste trabalho foi a busca de artigos publicados nas principais bases de dados de evidências científicas sobre as opções que pudessem contribuir para a escolha da destinação final adequada dos resíduos sólidos.

Constatou-se que as opções de tecnologias para destinação final dos resíduos sólidos mais usuais, como incineração, aterros sanitários, reciclagem e compostagem, foram mencionadas nos estudos encontrados, dentre outras opções tecnológicas menos usuais, como a biodegradação de plásticos ou a utilização dos resíduos sólidos como agregados de asfalto, refletindo o bom resultado da pesquisa.

### **Buscando evidências científicas sobre as opções**

As buscas foram realizadas com o objetivo de identificar estudos do tipo revisões sistemáticas, metanálises, *overviews* e resumos de evidências para políticas de tecnologias de destinação final de resíduos sólidos. Foi utilizada a seguinte estratégia de busca: (("Waste") OR ("Solid Waste") OR ("Solid Wastes") OR ("Solid-waste") OR ("Solid-Wastes") OR ("waste-collection")) AND (("Disposals") OR ("Disposal")) AND (("Technology") OR ("Technologies") OR ("recycling") OR ("management")), nas seguintes bases de dados de literatura: Epistemonikos (em 01/08/2022) e PubMed, 3IE, Health Systems Evidence e Social System Evidence (em 18/08/2022).

Essas estratégias levaram à identificação de 306 artigos, dos quais 273 foram excluídos por serem relatos duplicados ou não atenderem ao interesse desta síntese após leitura de títulos e resumos. De 33 artigos selecionados para leitura completa, 15 foram excluídos por não atenderem à questão de pesquisa e um artigo foi excluído por não ter sido possível o acesso à sua versão completa (Apêndices B e C).

Os detalhes da estratégia de busca são apresentados no Apêndice A.

A busca dos estudos foi realizada por um dos pesquisadores, enquanto a seleção envolveu suas pessoas de forma independente.

A avaliação da qualidade metodológica das revisões sistemáticas foi realizada por meio do instrumento AMSTAR 2 - A Measurement Tool to Assess the methodological quality of systematic Reviews (SHEA et al., 2017).

## **OPÇÕES PARA OS RESÍDUOS ORGÂNICOS**

### ***Opção 1 – Incentivar a compostagem aeróbica doméstica e em pequena escala como uma tecnologia de recuperação de nutrientes, visando o desvio de resíduos da destinação final e a produção de biofertilizantes***

Os Resíduos Verdes (madeira e casca de árvore, poda de árvores jovens e arbustos, folhas mortas e verdes, aparas de grama e solo) juntamente com outros resíduos alimentares, constituem a maior fração de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) (R-TORRES et al., 2018). Além disso, o fato dos RSU gerados nos países do BRICS (Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul com suas economias em desenvolvimento) ou em outras nações de baixa renda possuírem uma maior quantidade de material orgânico, revela um maior potencial para realização de compostagem nesses locais (GONÇALVES et al., 2018; KAMAREHIE et al., 2020).

**Quadro 1 - Achados relevantes para a opção, segundo revisões sistemáticas**

Categorias dos Achados	Síntese dos achados mais relevantes
<p><b>Benefícios</b></p>	<p>A revisão sistemática de F-González et al. (2020) destacou o uso da reciclagem da fração orgânica dos resíduos sólidos municipais e apresentou a aplicação de tecnologias que permitem o uso da fração orgânica como nutriente biológico, como recurso de energia renovável para a produção de biometano, chamado de gás verde, como combustível para veículos ou para injeção em redes de gás natural.</p> <p>R-Torres et al. (2018) afirmaram que a compostagem é um método adequado para a reciclagem de Resíduos Verdes (madeira e casca de árvore, poda de árvores jovens e arbustos, folhas mortas e verdes, aparas de grama e solo). Os autores investigaram aspectos físico-químicos desses resíduos e definiram algumas estratégias para otimizar a compostagem desses resíduos que incluem: o pré-tratamento da mistura de matéria-prima para reduzir o tamanho das partículas (trituração); adição de alterações energéticas (por exemplo, açúcar não refinado, rocha fosfática, resíduos alimentares, cinzas voláteis), de materiais de volume (biocarbono, lascas de madeira) ou de inóculos microbianos (consórcios de fungos - 60% de <i>Trichoderma</i> sp e 40% <i>Phanerochaete chrysosporium</i>); bem como mudanças operacionais durante o processo (ou seja, compostagem em duas etapas, aeração e controle de temperatura).</p> <p>Outra revisão sistemática identificou que, em termos de impactos climáticos justos, a compostagem aeróbia é preferível, em relação à transformação de resíduos em energia e ao aterro com captura de metano para a geração de energia. Além disso, a compostagem aeróbica doméstica e em pequena escala evita impactos ambientais dos sistemas de coleta e transporte de orgânicos (MORRIS et al., 2013).</p> <p>Nesse sentido, uma revisão sistemática apresentou os benefícios da conversão bioquímica de resíduos sólidos com diversas utilizações de biomassa. O processo aeróbio consiste na compostagem que resulta na formação do biofertilizante. A compostagem protege o solo contra erosão, aumenta os nutrientes do solo, recicla os nutrientes Nitrogênio, Fósforo e Potássio, é livre de produtos químicos e tem o potencial de produzir um produto</p>

	<p>benéfico que pode ser útil para melhorar as más condições do solo (VARJANI et al., 2021).</p> <p>A compostagem é uma “tecnologia de recuperação de nutrientes” com produção de composto rico em nutrientes em substituição aos fertilizantes sintéticos, que se tornou significativamente mais caro na última década (PAES et al., 2019).</p> <p>Kamarehie et al. (2020) mencionaram a utilização da compostagem para a fração orgânica dos Resíduos Sólidos Orgânicos.</p> <p>Sewak et al. (2021) destacaram que, como a compostagem doméstica depende da contribuição voluntária dos moradores, a distribuição de algum tipo de item tangível ou intangível para facilitar a separação de resíduos e o comportamento de compostagem, como a distribuição gratuita de itens como carrinhos orgânicos, baldes de cozinha, composteiras de quintal e comunitárias e equipamentos de cozinha personalizados para coletar resíduos alimentares, serviços gratuitos de coleta de lixo e principalmente a distribuição de caixas de compostagem, registraram comportamento positivo de separação de fontes. Os pesquisadores descobriram que as composteiras domésticas eram mais adequadas para as residências (ou seja, uma maneira descomplicada de se livrar de resíduos) do que métodos alternativos de compostagem, como vermicultura, composto líquido e produção de biogás. Isso reflete em benefícios econômicos (por exemplo, redução na compra de sacos de lixo) e benefícios ambientais (por exemplo, desvio de resíduos do aterro, criação de biogás e fertilizantes).</p> <p>Adicionalmente, uma revisão sistemática recente afirmou que cenários de compostagem que incluem digestão anaeróbica têm o melhor desempenho ambiental em comparação com compostagem independente (MULYA et al., 2022).</p>
<b>Danos potenciais</b>	<p>Uma revisão sistemática demonstrou que, em relação à compostagem aeróbica, as variações das condições aeróbicas podem resultar nas liberações de metano e/ou óxido nitroso, ambos gases de efeito estufa potentes (MORRIS et al., 2013).</p>
<b>Custos ou custo-efetividade</b>	<p>Segundo Reye-Torres et al. (2018), a compostagem é um processo com custo operacional/de gestão relativamente</p>

<p><b>em relação à situação atual</b></p>	<p>baixo, comparado a outros processos. Da mesma maneira, os impactos ambientais associados, quando comparados com outros métodos de gestão de resíduos orgânicos, como incineração e deposição em aterros, também são baixos. Assim, o parâmetro econômico pode justificar a otimização do processo de compostagem. De modo geral, ela pode ser aplicada sem pré-tratamento mecânico intenso e sem a necessidade de equipamento complexo de aeração. Por exemplo, um único carregador frontal equipado com um virador de leiras é suficiente para compostar adequadamente os resíduos. Outros fatores que precisam ser considerados ao compostar resíduos verdes são: custos de transporte, marketing e controle ambiental associados à emissão de odores e descarte de rejeitos. Uma revisão sistemática afirmou que a compostagem é um método de baixo custo, que consome menos água (VARJANI et al., 2021).</p> <p>Uma revisão sistemática demonstrou que o processamento de resíduos é um gerador de empregos econômicos e a recuperação de recursos leva a três vezes mais pessoas empregadas quando comparado ao simples envio de resíduos para aterros sanitários. Além disso, a redução do desperdício desviando restos de comida das lixeiras domésticas para alternativas de compostagem pode gerar economias de custo equivalentes a AU \$22 (aproximadamente R\$73,00) por pessoa a cada ano, bem como empregos e benefícios ambientais. Segundo os autores, os participantes do programa de reciclagem poderiam receber US \$7 (aproximadamente R\$36,00) por cada tonelada de resíduo orgânico depositada em lojas de reciclagem. Também foi relatada a oferta de pontos verdes como incentivos às famílias que separavam seus resíduos orgânicos. Esses pontos verdes poderiam então ser trocados por itens valiosos, como ovos, detergente para lavar louça, ou serviços como afiar facas ou consertar telas de janelas para insetos (SEWAK et al., 2021).</p>
<p><b>Incertezas em relação aos benefícios, danos potenciais e riscos, de modo que o monitoramento e avaliação sejam garantidas se a opção for implementada</b></p>	<p>Uma revisão sistemática relatou que o campo de pesquisa voltado para a reciclagem da fração orgânica está se diversificando e em crescimento, ou seja, ainda não é um campo consolidado. Portanto, isso prediz uma evolução temática do campo de pesquisa (F-GONZÁLEZ et al., 2020).</p> <p>Outra revisão sistemática afirma que os resíduos verdes têm composição física variável no que diz respeito ao tipo de</p>

	<p>vegetação, condições climáticas e estratégias de coleta, o que limita a capacidade de fornecer características físico-químicas uniformes para esta matéria-prima (REYETORRES et al., 2018).</p> <p>Adicionalmente, uma revisão sistemática notou que, embora haja um interesse crescente na aplicação de princípios de marketing social para proteção ambiental, o conhecimento limitado está disponível para orientar o design de intervenções de compostagem eficientes. Sem essa percepção, seria difícil criar ofertas de troca orientadas para o consumidor que motivassem e sustentassem o comportamento de separação de fontes e compostagem (SEWAK et al., 2021).</p> <p>Já Gonçalves et al. (2018), em sua revisão sistemática, identificaram alguns problemas relacionados à compostagem, como a baixa qualidade e a falta de mercado para o produto compostado.</p>
<p><b>Principais elementos da opção (se ela já foi implementada/testada em outro lugar)</b></p>	<p>O principal elemento da opção está relacionado ao relato de uma revisão sistemática recente que afirma que a compostagem doméstica é conhecida por ser uma forma eficaz de reduzir as quantidades de resíduos na fonte para promover a recuperação de recursos (SEWAK et al., 2021).</p> <p>Uma revisão sistemática apresentou que, embora o estudo tenha analisado a realidade da União Europeia, que representa um contexto distinto do objeto do estudo, sendo possível a preocupação com questões mais profundas e mais complexas sobre a gestão dos resíduos sólidos do que aquelas mais primárias, a aplicação dessas tecnologias se insere no rol de políticas destinadas a promover o uso de energias renováveis que reduzam as emissões de gases de efeito estufa. O biometano demonstra ser um elemento fundamental na transição energética que contribuirá para um sistema energético descarbonizado de forma a cumprir os objetivos globais (F-GONZÁLEZ et al., 2020).</p> <p>Uma revisão sistemática demonstrou que as estratégias adotadas para otimizar a compostagem de resíduos verdes levaram à redução da duração do processo e conseguiram transformar substâncias recalcitrantes em um produto final de alta qualidade (R-TORRES et al., 2018).</p> <p>O estudo publicado por Varjani et al. (2021) avaliou a pesquisa conduzida na Índia. A implementação de tecnologias para o aproveitamento de resíduos de biomassa</p>

	<p>e a produção de produtos de base biológica melhoraria a estrutura ambiental que resultaria na redução de resíduos. Para uma compostagem adequada, os fatores importantes são manter uma relação C:N constante e teor de umidade e exposição ao ar. A estrutura para a segregação de resíduos depende da conscientização pública e da participação ativa em diferentes comunidades. O RSU gerado na Índia contém uma grande quantidade de umidade em comparação com outros países. Na recuperação de materiais, a distribuição granulométrica dos resíduos sólidos é significativa, a trituração é feita com o auxílio de um triturador e separador magnético. A separação pode ser por características físicas, como forma (material escamoso ou não), propriedade óptica (distinção de material transparente de material opaco) e propriedade magnética (teste das propriedades magnéticas dos resíduos). Umidade em grandes quantidades mostra uma maior geração de produto de biogás em torno de 90%. O pH é usado como um indicador para o crescimento da população microbiana. A produção de composto inclui vários tipos de matérias-primas, como resíduos domésticos, resíduos comerciais, resíduos de cozinha e resíduos de rua.</p> <p>Um estudo realizado em 15 províncias do Irã demonstrou a realização da compostagem da porção orgânica dos RSU (KAMAREHIE et al., 2020).</p> <p>Um estudo realizado desde a região da Oceania, leste da Ásia, continente europeu, América do Norte, Tailândia e Tanzânia onde, na cidade de Dar es Salaam, descobriram que a compostagem em nível doméstico tinha o potencial de reduzir entre 38% e 55% de resíduos sólidos (SEWAK et al., 2021).</p> <p>Um estudo revelou a utilização da compostagem como único ou um dos tipos de tratamento de RSU na África do Sul (Cidade do Cabo, Tshwane e Joanesburgo), na China e na Índia (áreas de Raj Bhavan e Puducherry), onde 47% dos RSU gerados foram recuperados através de práticas ativas de reciclagem e compostagem. O estudo revelou também que, no Brasil, no Projeto São Paulo, a prefeitura do estado busca orientar e reduzir o desperdício de toneladas de resíduos orgânicos por meio da compostagem (GONÇALVES et al., 2018).</p>
<p><b>Percepção dos sujeitos sociais (grupos de interesse) envolvidos na opção,</b></p>	<p>Não foram mencionadas as percepções dos sujeitos sociais em relação a esta opção, porém, foram mencionados alguns</p>

<b>quanto à sua efetividade</b>	marcos que de certa maneira reafirmam a importância dessas tecnologias como a o artigo 5.º da Diretiva 31/99 a qual afirma que os Estados-Membros deveriam desenvolver uma estratégia nacional para reduzir a eliminação de resíduos biodegradáveis em aterro em até dois anos após a sua publicação; o compromisso estabelecido no Protocolo de Kyoto; e o artigo 4.º da Diretiva 2006/12/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 5 de abril de 2006 sobre resíduos, que estabeleceu a obrigação de aplicar a hierarquia de gestão de resíduos; indica uma ordem de preferência de hierarquia de gestão que reduz a produção de resíduos e inclui, nesta ordem: prevenção; preparação para reutilização; reciclagem; outro tipo de valorização, por exemplo, a valorização energética; e eliminação (F-GONZÁLEZ et al., 2020).
---------------------------------	---

Fonte: autoria própria.

## **Opção 2 – Incentivar a realização da vermicompostagem para reduzir a quantidade de resíduo orgânico que chega ao lixão e para produzir biofertilizantes importantes para a fertilidade do solo**

No caso da disponibilidade limitada de espaços e da necessidade de produção de substâncias húmicas como biofertilizantes para fixação do solo e crescimento das plantas, a vermicompostagem se mostra uma opção para recuperação de nutrientes dos resíduos orgânicos. Sendo assim, vermicompostagem se torna interessante para utilização em contextos agrícolas.

### **Quadro 2 - Achados relevantes para a opção, segundo revisões sistemáticas**

<b>Categorias dos Achados</b>	<b>Síntese dos achados mais relevantes</b>
<b>Benefícios</b>	Uma revisão sistemática afirmou que o processo aeróbio consiste na vermicompostagem que resulta na formação do biofertilizante. As substâncias húmicas são ótimas para fixar o solo e o crescimento das plantas. O vermicomposto (combinação de microflora e minhocas) melhora biologicamente, quimicamente e fisicamente a fertilidade do solo; melhora a capacidade de retenção de água, fornece vários micro e macronutrientes, ajuda na erosão do solo e envolve uma área menor (VARJANI et al., 2021).
<b>Danos potenciais</b>	Não foram encontradas revisões sistemáticas que relataram os danos potenciais dessa opção.
<b>Custos ou custo-efetividade em relação à situação atual</b>	Não foram encontrados estudos que avaliaram o custo ou custo-efetividade desta opção.

<b>Incertezas em relação aos benefícios, danos potenciais e riscos, de modo que o monitoramento e avaliação sejam garantidas se a opção for implementada</b>	Não foram encontrados relatos das incertezas relacionadas a esta opção.
<b>Principais elementos da opção (se ela já foi implementada/testada em outro lugar)</b>	Em um estudo realizado na cidade de Mangaluru, na Índia, tecnologias ecologicamente corretas como a vermicompostagem poderiam desviar cerca de 45-54 toneladas das 205 toneladas de resíduos per capita diários gerados na Índia (SEWAK et al., 2021).
<b>Percepção dos sujeitos sociais (grupos de interesse) envolvidos na opção, quanto à sua efetividade</b>	Não foram encontrados relatos da percepção dos sujeitos sociais envolvidos na opção.

Fonte: autoria própria.

### **Opção 3 – Utilizar a digestão anaeróbica para recuperação de energia, com a produção extensiva de biogás e a redução de resíduos enviados para o lixão**

A conversão de resíduos em produtos biológicos valiosos tem ganhado grande atenção nos dias de hoje, também porque a reciclagem de resíduos resulta em impactos positivos para a preservação do meio ambiente (VARJANI et al., 2021). Segundo os mesmos autores, em países que ainda estão em desenvolvimento, os resíduos sólidos são um problema maior do que a sua gestão, portanto, devem ser adotadas medidas que fortaleçam o gerenciamento desses resíduos com possibilidades de geração de recursos econômicos já que, nesses países, o fator econômico é quase sempre determinante.

#### **Quadro 3 - Achados relevantes para a opção, segundo revisões sistemáticas**

<b>Categorias dos Achados</b>	<b>Síntese dos achados mais relevantes</b>
<b>Benefícios</b>	<p>Uma revisão sistemática identificou que, em termos de impactos climáticos justos, a digestão anaeróbica é preferível, em relação à transformação de resíduos em energia e ao aterro com captura de metano para a geração de energia (MORRIS et al., 2013).</p> <p>Outra revisão sistemática apresentou os benefícios da conversão bioquímica de resíduos sólidos com diversas utilizações de biomassa. A digestão anaeróbia é o processo anaeróbio que resultará na formação do biogás e não necessita de maior consumo de energia e área ampla em comparação com processos como compostagem, aterro e incineração. A redução do tamanho das partículas poderia</p>

	<p>aumentar a produção de biogás, aumentando a área de superfície disponível para degradação. A digestão anaeróbica tem menos problemas operacionais e menos manutenção (VARJANI et al., 2021).</p> <p>Adicionalmente, outra revisão sistemática afirmou que a digestão anaeróbica é um processo comercialmente viável para converter resíduos orgânicos em gás metano. O processo torna-se eficiente adaptando cada ecossistema ao seu substrato. Devido a essa capacidade de adaptação, países, estados e cidades devem ser incentivados a estabelecer um plano individual, de acordo com sua situação de recursos e mercado, para utilização extensiva de biogás. A digestão anaeróbica é uma “tecnologia de recuperação de nutrientes”, com a produção de biogás (PAES et al., 2019).</p> <p>Kamarehie et al., 2020 mencionaram o uso da digestão anaeróbica para a recuperação de energia.</p> <p>Uma revisão sistemática recente demonstrou que o fornecimento gratuito às famílias de digestores de alimentos à prova de animais registrou comportamento positivo de separação de fontes (SEWAK et al., 2021).</p> <p>Adicionalmente, uma revisão sistemática afirmou que a implementação da digestão anaeróbica deve ser considerada, pois permite conversão em produtos energéticos utilizáveis, enquanto o digerido pode ser aplicado como fertilizante rico em nitrogênio sem risco para a saúde animal ou o meio ambiente. Em comparação com outras instalações de recuperações de energia, a digestão anaeróbica é preferível a qualquer método de tratamento térmico. Este estudo também observou que a produção de energia para o biogás de digestão anaeróbica é comparável ao gás de síntese da gaseificação e até excede a eficiência energética elétrica da incineração em 12% (MULYA et al., 2022).</p>
<p><b>Danos potenciais</b></p>	<p>Em uma revisão sistemática, Morris et al. (2013) disseram que, pelo fato de a digestão anaeróbica tentar especificamente maximizar a produção de metano, quaisquer deficiências do sistema em relação às melhores práticas podem resultar em liberações de metano que poderá degradar substancialmente o meio ambiente na tecnologia atuação.</p>
<p><b>Custos ou custo-efetividade em</b></p>	<p>Uma revisão sistemática afirmou que a digestão anaeróbica</p>

<b>relação à situação atual</b>	<p>é um método de baixo custo (VARJANI et al., 2021).</p> <p>Uma revisão sistemática relatou que compararam o potencial de geração de energia com os custos associados à criação e manutenção de uma instalação e descobriram que as instalações de digestão anaeróbica podem custar cerca de um décimo das instalações de incineração ou gaseificação em termos de capital e têm custos operacionais tão pequenos quanto um quinto das alternativas de tratamento térmico (MULYA et al., 2022).</p>
<b>Incertezas em relação aos benefícios, danos potenciais e riscos, de modo que o monitoramento e avaliação sejam garantidas se a opção for implementada</b>	<p>Em uma revisão sistemática, Paes et al. (2019) relataram que, dentre as principais barreiras à adesão tecnológica da Digestão Anaeróbia propostas nos artigos, destaca-se a falta de conhecimento, que parece produzir resistência à mudança.</p>
<b>Principais elementos da opção (se ela já foi implementada/testada em outro lugar)</b>	<p>O principal elemento desta opção é a possibilidade de conversão de resíduos em produtos biológicos valiosos (VARJANI et al., 2021).</p>
<b>Percepção dos sujeitos sociais (grupos de interesse) envolvidos na opção, quanto à sua efetividade</b>	<p>Não foram encontrados relatos da percepção dos sujeitos sociais envolvidos na opção.</p>

Fonte: autoria própria.

#### **Opção 4 – Disseminar os conceitos da Economia Circular e fortalecer a conexão entre eles e a gestão dos resíduos sólidos**

A Economia Circular vem para aumentar a eficiência dos processos e reduzir o consumo de recursos naturais, ao passo que capta as necessidades do consumidor. Para estabelecer uma cascata de recursos biológicos em todos os níveis da economia, cadeias de valor de base biológica inteiras teriam que ser criadas e depois integradas em redes de valor. Essa ação contribui para fechar o ciclo resíduo orgânico-energia-alimento. A integração de tecnologias de tratamento de gestão de resíduos cria a melhor estrutura para tratamento e recuperação de resíduos, minimizando os efeitos negativos em várias dimensões sustentáveis, como econômica, ambiental e social. Cadeias de valor circulares de base biológica propõem fechar fluxos de materiais e energia, transformando processos lineares de produção em processos circulares ou fechados, reduzindo a geração de resíduos. Para a dimensão social, indicam que os municípios têm potencial para implementar planos de solução de resíduos com a participação da população. Nesse processo, os resíduos orgânicos podem gerar energia renovável e apoiar projetos empresariais comunitários (PAES et al., 2019).

**Quadro 4 - Achados relevantes para a opção, segundo revisões sistemáticas**

Categorias dos Achados	Síntese dos achados mais relevantes
<p><b>Benefícios</b></p>	<p>Uma revisão sistemática identificou que o estabelecimento da conexão entre a Economia Circular (EC) e a gestão dos resíduos pode auxiliar no desenvolvimento de políticas de gestão de resíduos em países ou regiões onde tais políticas não são eficazes. A EC desempenha um papel vital na gestão de resíduos, enfatizando a reciclagem de materiais e energia e transformando-os em recursos valiosos para outro ator. A gestão de resíduos orgânicos por meio da EC capta as necessidades do consumidor para melhorias ambientais e redução de emissões de gases de efeito estufa. Economia Circular e resíduos sólidos: oferece a possibilidade de transformar fluxos de resíduos em recursos valiosos e melhorar a sustentabilidade da agricultura e da produção de alimentos; Melhoria ambiental e redução de emissões de gases de efeito estufa; “Reduzir Reutilizar Reciclar” reduz custos; cria sinergias em projetos cooperativos. Aumenta a eficiência dos processos e reduz o consumo de recursos naturais; o desenvolvimento de biorrefinarias cria novos empregos e investimentos; auxilia de forma holística na separação de resíduos recicláveis; e cria uma cadeia de valor baseada em resíduos orgânicos que possibilita ganhar dinheiro com a venda de resíduos orgânicos (PAES et al., 2019).</p>
<p><b>Danos potenciais</b></p>	<p>Não foram encontradas revisões sistemáticas que relataram os danos potenciais dessa opção.</p>
<p><b>Custos ou custo-efetividade em relação à situação atual</b></p>	<p>Não foram encontrados estudos que avaliaram o custo ou custo-efetividade desta opção.</p>
<p><b>Incertezas em relação aos benefícios, danos potenciais e riscos, de modo que o monitoramento e avaliação sejam garantidas se a opção for implementada</b></p>	<p>Uma revisão sistemática mencionou que um dos desafios enfrentados pela EC é otimizar uma abordagem em cascata utilizando resíduos como recursos. Para apoiar a bioeconomia contra grandes desafios, melhores políticas nacionais e internacionais precisam estar no lugar. Destacam que todas as 4 subcategorias (Cultural, Burocrática, Financeira e Tecnológica) são barreiras potenciais. As questões culturais e a falta de conhecimento são barreiras particularmente importantes a serem consideradas, pois a falta de inclusão social pode levar a uma aceitação e envolvimento inadequados da população na implementação das tecnologias propostas para o gerenciamento dos resíduos. Embora tenha havido avanços</p>

	<p>no setor, a imaturidade tecnológica e as redes de stakeholders são fragilidades estruturais do sistema de inovação. O custo logístico e a complexidade do gerenciamento da cadeia de suprimentos continuam sendo outra grande barreira. A disponibilidade de insumos (biomassa) depende da variação sazonal. Um último ponto fraco é a falta de competitividade econômica dos produtos finais em relação aos de outras fontes. As principais ameaças para a integração da EC e gestão de resíduos orgânicos são a falta de uma política pública que possa incentivar e dar suporte a essa interface. Ligado às políticas está a falta de padrões para produtos de base biológica e o baixo apoio a projetos locais. Essas ameaças podem ser superadas por meio do envolvimento político e da pressão das partes interessadas. Da gestão de resíduos orgânicos por meio de EC com base em uma análise SWOT, destacando suas ameaças e fraquezas, tais como: custo logístico e gestão da cadeia de suprimentos; sazonalidade; disponibilidade e falta de homogeneização da matéria-prima (resíduos orgânicos); qualidade e eficiência do produto alternativo, que não é economicamente competitivo com os tradicionais; e falta de normas e regulamentos técnicos. Uma transição para a EC exigiria uma boa gestão com uma abordagem de liderança de apoio para garantir a consistência do projeto. A literatura menciona que a tentativa de mudança para um modelo circular enfrenta uma barreira interna na forma de um conflito de sustentabilidade, com o crescimento econômico se opondo à proteção ambiental e novos desafios para o aprimoramento tecnológico. As descobertas apoiam amplamente que a transição para a EC na gestão de resíduos orgânicos exigiria mudanças simultâneas em todos os seguintes aspectos: cadeias de valor, design de produtos, novos modelos de negócios/mercados, novas formas de converter resíduos em recursos e mudança no comportamento do consumidor (PAES et al., 2019).</p>
<p><b>Principais elementos da opção (se ela já foi implementada/testada em outro lugar)</b></p>	<p>Uma revisão sistemática avaliou pesquisas em pelo menos cinquenta países, incluindo os sete países mais industrializados do mundo, que adotaram bioeconomia como parte de suas estratégias econômicas e de inovação. A maioria dos trabalhos sobre a gestão de resíduos orgânicos e EC vieram de países desenvolvidos, a maioria dos artigos relatou a subcategoria ambiental como a mais beneficiada pelo apoio do EC na gestão de resíduos orgânicos e a maioria dos artigos focava na recuperação de energia por</p>

	meio de bioenergia e biocombustíveis (PAES et al., 2019).
<b>Percepção dos sujeitos sociais (grupos de interesse) envolvidos na opção, quanto à sua efetividade</b>	Uma revisão sistemática afirmou que, em relação à aceitação social de produtos de base biológica, a análise demonstrou que os consumidores estariam dispostos a pagar por esses produtos, e isso é fundamental para sua difusão e penetração no mercado e para a integração da bioeconomia no sistema econômico (PAES et al., 2019).

Fonte: autoria própria.

## OPÇÃO PARA A RECICLAGEM

### **Opção 5 – Realizar a Reciclagem de materiais, incentivando a participação pública e também do setor informal**

A reciclagem é rentável, mas há menos incentivos ao investimento para suas instalações. Na hierarquia de gestão de resíduos sólidos, a reciclagem é considerada a melhor alternativa para reduzir os efeitos causados pelo fim do uso e fim dos resíduos de embalagens plásticas pós-consumo (ILYAS et al., 2018).

#### **Quadro 5 - Achados relevantes para a opção, segundo revisões sistemáticas**

<b>Categorias dos Achados</b>	<b>Síntese dos achados mais relevantes</b>
<b>Benefícios</b>	<p>Uma revisão sistemática revelou que o sucesso da reciclagem depende da participação da população, que é influenciada pela proximidade e acessibilidade de caixas ou recipientes de depósito (MELARÉ et al., 2016).</p> <p>Uma revisão sistemática destacou que ao direcionar os padrões de geração, os resíduos poderiam ser minimizados e as estratégias de reciclagem melhor gerenciadas (THAKUR e RAMESH, 2015).</p> <p>Ma e Hipel (2016) sugeriram que um alto nível de participação na reciclagem poderia ser alcançado através da melhoria da conveniência da reciclagem, estabelecendo “metas de reciclagem”, designando líderes de bairro para incentivar a participação e melhorando a educação pública.</p> <p>O estudo de Gonçalves et al. (2018) afirmou que, em relação à reciclagem, o setor informal tem forte participação nos países do BRICS (Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul com suas economias em desenvolvimento).</p> <p>Por fim, uma revisão sistemática demonstrou o progresso em inovações e estruturas para reprocessamento, triagem e</p>

	<p>coleta de plásticos recicláveis que estão criando novas oportunidades de reciclagem e, com as atividades conjuntas de governos, indústria e público, estima-se que mais plásticos sejam reciclados. Além disso, foi referida a reciclagem química de resíduos plásticos para converter esses resíduos em gases ou líquidos (moléculas menores) apropriados para a utilização de novos plásticos e itens petroquímicos. Na produção de combustível, a reciclagem química demonstrou ser valiosa, com o uso das técnicas para conversão de resíduos plásticos em combustíveis, por exemplo, por gaseificação, craqueamento catalítico e degradação térmica. Foi mencionada também a pirólise, que envolve a quebra de polímeros plásticos em pequenas moléculas. O uso da pirólise pode favorecer a produção de biogás e se torna, portanto, caminho viável para a conversão de resíduos plásticos em gases e combustíveis. O estudo também mencionou uma extrusora para converter os resíduos plásticos em materiais de construção úteis, como blocos de retenção, lajes de pavimentação, dormentes de ferrovias, telhas, intertravamentos, tijolos, etc., utilizando uma mistura de vários resíduos de plástico ao lado de resíduos de pó de borracha como enchimento ou resíduos de plástico de origem única material. Resíduos de plástico quando misturados com carbonato de cálcio e pó de borracha sustentam uma alta carga de compressão e proporcionam a mais alta resistência à compressão (ILYAS et al., 2018).</p>
<b>Danos potenciais</b>	Não foram encontradas revisões sistemáticas que relataram os danos potenciais dessa opção.
<b>Custos ou custo-efetividade em relação à situação atual</b>	Não foram encontrados estudos que avaliaram o custo ou custo-efetividade desta opção.
<b>Incertezas em relação aos benefícios, danos potenciais e riscos, de modo que o monitoramento e avaliação sejam garantidas se a opção for implementada</b>	Uma revisão sistemática demonstrou que a reciclagem de plástico é uma prática dispendiosa e tediosa devido à coleta, triagem e processamento de resíduos plásticos, além da baixa qualidade dos produtos reciclados limitar sua ampla aplicação. Quanto à conversão pirolítica de resíduos plásticos, ela resulta na emissão de poluentes atmosféricos perigosos, incluindo hidrocarbonetos poliaromáticos, CO <sub>2</sub> (um gás de efeito estufa) e poluentes orgânicos persistentes, como dioxinas (ILYAS et al., 2018).
<b>Principais elementos da opção (se ela já foi implementada/testada em outro</b>	Em um estudo realizado, Gonçalves et al. (2018) notaram que o Brasil se destaca como referência na inclusão social para catadores de materiais recicláveis, por meio de

<b>lugar)</b>	cooperativas e associações; a Rússia realiza a comercialização do papel e do vidro no mercado; a China realiza a reciclagem de resíduos, dentre outros tipos de tratamento; na Índia 47% dos RSU gerados foram recuperados através de práticas ativas de reciclagem e compostagem na área de Raj Bhavan e Puducherry.
<b>Percepção dos sujeitos sociais (grupos de interesse) envolvidos na opção, quanto à sua efetividade</b>	Não foram encontrados relatos da percepção dos sujeitos sociais envolvidos na opção, porém

Fonte: autoria própria.

## OPÇÃO PARA A INCINERAÇÃO

### **Opção 6 - Incineração e tratamento das cinzas volantes e de fundo resultantes da incineração**

Dentre os motivos que justificariam a escolha da incineração de resíduos como tipo de tratamento, destacam-se a referida possibilidade de recuperação energética; possibilidade de eliminação de numerosos tipos de resíduos, incluindo-se a destruição de resíduos perigosos, como os hospitalares; e a redução de cerca de 90% do volume dos resíduos (SILVEIRA, 2014).

#### **Quadro 6 - Achados relevantes para a opção, segundo revisões sistemáticas**

<b>Categorias dos Achados</b>	<b>Síntese dos achados mais relevantes</b>
<b>Benefícios</b>	Uma revisão sistemática afirmou que a cinza resultante da incineração poderia ser reciclada e usada como material de construção, quando tratada em alta temperatura (850°C - 1000°C) para destruir os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) antes ou durante o processo de reciclagem. O tratamento de cinzas volantes de incineradores de resíduos médicos com água supercrítica e H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> foi eficaz para desintoxicação de elementos perigosos em cinzas volantes de resíduos hospitalares. Sugeriram alguns usos de cinzas de resíduos biomédicos em sistemas de cimento e concreto, como fertilizante agrícola, estrada e asfalto. O estudo também tratou cinzas volantes de resíduos biomédicos com um processo mecanoquímico com e sem CaO, e descobriram que dibenzop-dioxinas e dibenzofuranos policlorados (PCDD/Fs) podem ser degradados. Na presença de CaO, a eficiência de degradação aumentou. O estudo sugeriu a tecnologia de flotação como a alternativa mais promissora para o

tratamento de cinzas de incinerador de resíduos hospitalares, operando com baixo custo. O estudo investigou também as emissões de um novo incinerador médico com dispositivos de controle de poluição do ar para descobrir o impacto de diferentes configurações no processo de incineração. Os resultados revelaram que as concentrações de contaminantes estavam abaixo de seus respectivos limites, conforme normas de controle de emissões, e confirmaram que a tecnologia proposta era adequada para neutralização de resíduos médicos e purificação de gases de combustão. Na avaliação de emissões de incineradores de resíduos clínicos e transporte rodoviário, o estudo constatou que o principal motivo da liberação de HPAs no meio ambiente foi a transferência de cinzas residuais do incinerador para aterro sanitário. Eles descobriram que o risco de incineradores de resíduos clínicos era comparativamente insignificante em comparação com o tráfego rodoviário urbano. O estudo realizou ensaios com incineradores de pequena escala e baixo custo, sob restrições de carga e localizados geograficamente em áreas rurais, para centros de saúde primários, e avaliaram esses incineradores quantitativa e qualitativamente e encontraram melhorias em relação aos anteriores (THAKUR e RAMESH, 2015).

Uma outra revisão sistemática indicou que as cinzas volantes e de fundo produzidas por uma instalação de incineração de resíduos médicos (dois sistemas de forno rotativo) foram caracterizadas e misturadas com diferentes proporções de cimento para fins de estabilização e reutilização. O novo material foi testado quanto à periculosidade com teste de lixiviação e resistência ao teste de compressão (CANIATO et al., 2015).

O estudo de Kamarehie et al. (2020) mencionou a recuperação de energia usando incineração.

Gonçalves et al. (2018) mencionaram a utilização de subsídios do governo e investimento privados para a incineração para redução do volume dos Resíduos Sólidos Orgânicos e para geração de energia.

Adicionalmente, uma outra revisão sistemática afirmou que a incineração de plástico é vantajosa em termos de recuperação de energia sob a forma de calor e não necessita de espaço significativo (ILYAS et al., 2018).

Por fim, uma revisão sistemática avaliou o potencial de

	<p>recursos das cinzas volantes de incineração de RSU para produção adicional de commodities e identificou também que a incineração não necessita de nenhum processo complexo de pré-tratamento para funcionar (MULYA et al., 2022).</p>
<p><b>Danos potenciais</b></p>	<p>Uma revisão sistemática relatou que numerosos compostos nocivos são formados e liberados como resultado da incineração de plásticos na atmosfera. A incineração de plástico produz e libera gases de efeito estufa, principalmente CO<sub>2</sub>, carbono tóxico, metais pesados, Bifenilas Policloradas (PCBs) e HPAs (ILYAS et al., 2018).</p>
<p><b>Custos ou custo-efetividade em relação à situação atual</b></p>	<p>Não foram encontrados estudos que avaliaram o custo ou custo-efetividade desta opção, porém Thakur e Ramesh (2015) ratificaram que a tecnologia de flotação é a alternativa mais promissora para o tratamento de cinzas de incinerador de resíduos hospitalares, operando com baixo custo. Realizaram também ensaios com incineradores de pequena escala e baixo custo, sob restrições de carga e localizados em áreas rurais, para centros de saúde primários, e avaliaram esses incineradores quantitativa e qualitativamente e encontraram melhorias em relação aos anteriores.</p>
<p><b>Incertezas em relação aos benefícios, danos potenciais e riscos, de modo que o monitoramento e avaliação sejam garantidas se a opção for implementada</b></p>	<p>Uma revisão sistemática demonstrou que para a incineração em cidades pequenas, os resíduos sólidos urbanos apresentam baixo poder de geração de calor. Deste modo, a incineração não tem sido tão comum em alguns locais devido aos altos níveis de umidade, baixo conteúdo gerador de calor e volumes reduzidos, que não atenderão às necessidades das instalações centrais de incineração (GONÇALVES et al., 2018).</p>
<p><b>Principais elementos da opção (se ela já foi implementada/testada em outro lugar)</b></p>	<p>Em uma revisão sistemática Thakur e Ramesh (2015) mostraram que as emissões da incineração de resíduos hospitalares dependem de vários fatores, como características dos resíduos, mecanismo de classificação e segregação dos resíduos e técnicas de gerenciamento de resíduos. Dibenzop-dioxinas policloradas, HPAs, benzeno, 1-butadieno, arsênico, cádmio, cromo e níquel foram as substâncias mais perigosas emitidas pelos incineradores.</p> <p>Em um estudo realizado com incineradores de pequena escala e baixo custo, sob restrições de carga e localizados geograficamente em áreas rurais do continente africano,</p>

	<p>para centros de saúde primários, a avaliação quantitativa e qualitativa resultou em melhorias em relação aos anteriores (THAKUR e RAMESH, 2015).</p> <p>Uma revisão sistemática de estudos desenvolvidos na Grécia, com a mistura de cinzas volante com cimento demonstraram que os metais pesados foram tornados estáveis e seguros para disposição em um aterro de resíduos não perigosos. As características físicas mudaram de acordo com a proporção de cimento e o uso de cinzas volantes ou de fundo. A utilização dos resíduos em obras de construção foi aceitável (CANIATO et al., 2015).</p> <p>Uma outra revisão sistemática realizada na China demonstrou que a utilização da incineração como mecanismo de tratamento vem aumentando devido aos subsídios do governo chinês e aos investimentos privados voltados à redução do volume de RSU e da geração de energia (GONÇALVES et al., 2018).</p>
<p><b>Percepção dos sujeitos sociais (grupos de interesse) envolvidos na opção, quanto à sua efetividade</b></p>	<p>Não foram encontrados relatos da percepção dos sujeitos sociais envolvidos na opção.</p>

Fonte: autoria própria.

## **OPÇÃO PARA OS RESÍDUOS DE SAÚDE**

### ***Opção 7 - Tratamento dos Resíduos Sólidos dos Serviços de Saúde***

As práticas de gestão dos Resíduos Sólidos dos Serviços de Saúde variam muito de país para país, de acordo com vários fatores, como condições socioeconômicas, regulamentação, nível de educação, recursos disponíveis, tecnologias de tratamento e a capacidade de monitorar e gerenciar melhor as práticas inadequadas (CANIATO et al., 2015).

**Quadro 7 - Achados relevantes para a opção, segundo revisões sistemáticas**

Categorias dos Achados	Síntese dos achados mais relevantes
<p><b>Benefícios</b></p>	<p>Uma revisão sistemática sugeriu que a incineração é um processo amplamente utilizado e aceito para o tratamento de Resíduos de Serviços de Saúde (RSS). O estudo revelou também que a desinfecção por micro-ondas foi considerada a melhor técnica de desempenho de ecoeficiência e forneceu uma solução viável para pequenos geradores de RSS (THAKUR e RAMESH, 2015).</p> <p>O estudo de Caniato et al. (2015) informou que várias autoclaves foram instaladas nas instalações de saúde, dando uma opção de tratamento adequada para os resíduos de saúde, com treinamento e monitoramento regulares da equipe. Ressaltou a importância de desenvolver e introduzir autoclaves feitas localmente em países de baixa e média rendas. Os autores também mencionam que as unidades de saúde podem investir em conscientização, educação e envolvimento de pessoal. Em alguns casos, o material de embalagem foi reaproveitado para a gestão dos resíduos sólidos dos serviços de saúde, com melhoria da segurança pessoal e redução dos riscos ocupacionais. Desenvolvimento de uma rede de estações de tratamento: (i) uma estação centralizada para os resíduos mais complexos; (ii) autoclaves para estabelecimentos de saúde de grandes distritos; e (iii) incineradores movidos a biomassa para estabelecimentos de saúde primários em áreas rurais. Os resíduos químicos, sólidos e líquidos, produzidos em um hospital público e alguns estabelecimentos de saúde primários foram encapsulados: os resíduos foram misturados com o mesmo volume de concreto (proporção 1:1:3 de cimento, agregado e areia, respectivamente) e colocados em um tambor metálico (diâmetro 100 mm, altura 150 mm). Foram sugeridos tambores de 200l, que poderiam servir como método de descarte para municípios de pequeno e médio porte. A segurança da disposição em aterro de resíduos não perigosos foi avaliada (CANIATO et al., 2015).</p>
<p><b>Danos potenciais</b></p>	<p>Não foram encontradas revisões sistemáticas que relataram os danos potenciais dessa opção.</p>
<p><b>Custos ou custo-efetividade em relação à situação atual</b></p>	<p>Não foram encontrados estudos que avaliaram o custo ou custo-efetividade desta opção.</p>
<p><b>Incertezas em relação aos benefícios,</b></p>	<p>Uma revisão sistemática trouxe a estrutura organizacional e</p>

<p><b>danos potenciais e riscos, de modo que o monitoramento e avaliação sejam garantidas se a opção for implementada</b></p>	<p>a infraestrutura de coleta como desafios para a gestão de resíduos e demonstrou os hábitos da equipe e a percepção do público como as principais barreiras para um processo adequado de gestão de RSS. Alguns dos desafios futuros são: (i) falta de programas de treinamento e conscientização dos trabalhadores que lidam com resíduos; (ii) minimização de resíduos por meio da reutilização, reciclagem e redução da fonte; (iii) estratégia adequada de gestão de resíduos e coordenação de várias atividades; (iv) encontrar técnica de descarte de resíduos conforme especialidade do hospital; (v) uso de análise de <i>big data</i> para prever padrões de geração de resíduos; e (vi) desenvolvimento e implantação de sistema integrado de gestão de resíduos e alocação adequada de recursos (THAKUR e RAMESH, 2015).</p>
<p><b>Principais elementos da opção (se ela já foi implementada/testada em outro lugar)</b></p>	<p>Em uma revisão sistemática Thakur e Ramesh (2015) mostraram que as emissões da incineração de resíduos hospitalares dependem de vários fatores, como características dos resíduos, mecanismo de classificação e segregação dos resíduos e técnicas de gerenciamento de resíduos. Dibenzo-pdioxinas policloradas, HPAs, benzeno, 1-butadieno, arsênico, cádmio, cromo e níquel foram as substâncias mais perigosas emitidas pelos incineradores. Em um estudo realizado com incineradores de pequena escala e baixo custo, sob restrições de carga e localizados geograficamente em áreas rurais do continente africano, para centros de saúde primários, a avaliação quantitativa e qualitativa resultou em melhorias em relação aos anteriores (THAKUR e RAMESH, 2015).</p> <p>Em um estudo realizado na Coreia do Sul, foram utilizadas soluções alternativas para tratamento dos resíduos dos serviços de saúde, como a desinfecção por micro-ondas. Em Lao PDR (Lao People's Democratic Republic), um país da Ásia, a autoclavagem foi utilizada. Em estabelecimentos de saúde da Sérvia, autoclaves foram instaladas. Em relação à Rede de estações de tratamento na Indonésia, alguns estabelecimentos de saúde melhoraram a gestão dos resíduos de serviços de saúde, enquanto alguns hospitais funcionaram como centros de coleta e tratamento para estabelecimentos de saúde da área, com renda adicional para suportar os custos econômicos. Por fim, sobre o encapsulamento dos resíduos no Brasil, os testes de lixiviação e ecotoxicidade mostraram uma redução</p>

	dramática da periculosidade, e os níveis foram muito baixos considerando os novos blocos de concreto (CANIATO et al., 2015).
<b>Percepção dos sujeitos sociais (grupos de interesse) envolvidos na opção, quanto à sua efetividade</b>	Não foram encontrados relatos da percepção dos sujeitos sociais envolvidos na opção, porém

Fonte: autoria própria.

## OPÇÃO PARA A GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS

### *Opção 8 - Implementar a Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (GIRS)*

Para prever a quantidade de RSS que pode ser gerada no futuro, é muito importante que as autoridades hospitalares formulem políticas de descarte e façam uma estimativa dos recursos e equipamentos que seriam necessários para o período considerado (THAKUR e RAMESH, 2015).

#### **Quadro 8 - Achados relevantes para a opção, segundo revisões sistemáticas**

<b>Categorias dos Achados</b>	<b>Síntese dos achados mais relevantes</b>
<b>Benefícios</b>	<p>Uma revisão sistemática propõe o desenvolvimento de um sistema de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (GIRS) que integra toda a linha de organização de resíduos e que inclui várias opções de planejamento, programação e funcionamento do descarte de resíduos e lida com a escolha dos métodos de tratamento dos resíduos (VARJANI et al., 2021).</p> <p>Outra revisão sistemática salientou que a chave para a redução de riscos dos resíduos dos serviços de saúde foi o desenvolvimento e implementação de um sistema integrado de gestão de resíduos e alocação adequada de recursos. Ao direcionar os padrões de geração, os resíduos poderiam ser minimizados e as estratégias de reciclagem melhor gerenciadas (THAKUR e RAMESH, 2015).</p> <p>Uma abordagem sistêmica é sugerida para unidades de saúde, visando a integração de diferentes ferramentas e ações, como o desenvolvimento de políticas ou procedimentos, fornecimento de material especificamente dedicado à GRSA (por exemplo, com código de cores), pôsteres e material informativo e programas de treinamento (CANIATO et al., 2015).</p> <p>A gestão integrada tornou-se a nova tendência na gestão de RSU e é necessária para, em última análise, atingir a meta</p>

	<p>de desenvolvimento sustentável. Essa nova tendência estabelece um sistema que envolve todas as partes interessadas, incluindo o governo, o setor privado, organizações não governamentais e o setor informal, bem como compartilha responsabilidades de gestão de RSU entre eles. Parcerias público-privadas e descentralização têm sido considerados como componentes principais neste sistema integrado e soluções promissoras para problemas cada vez piores de RSU, especialmente para países em industrialização. Tal reforma requer ainda uma estrutura coerente que integre variáveis tecnológicas, econômicas, culturais, sociais e ambientais de RSU gestão. Um modelo de tomada de decisão sustentável precisa não apenas acomodar fatores econômicos, ambientais e sociais simultaneamente, mas também incorporar a participação do público no processo de tomada de decisão do início ao fim. Uma vez que informações adequadas é o pré-requisito para a eficácia dessa integração, "a comunicação deve atingir padrões elevados em um esforço para contribuir à maximização de um consenso público". É importante que o público seja capaz de acessar e avaliar todas as informações básicas e impactos negativos e positivos (MA e HIPEL, 2016).</p> <p>Adicionalmente, a revisão sistemática de Kamarehie et al. (2020) demonstrou que a informação precisa sobre as quantidades e características dos resíduos sólidos é fundamental para o projeto da Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, e para a implementação e operação das melhores práticas na gestão de resíduos.</p> <p>Por fim, uma revisão sistemática demonstrou que, para implementar uma política correta de Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos, a quantidade e composição dos Resíduos Sólidos Urbanos devem ser conhecidas (GONÇALVES et al., 2018).</p>
<p><b>Danos potenciais</b></p>	<p>Não foram encontradas revisões sistemáticas que relataram os danos potenciais dessa opção.</p>
<p><b>Custos ou custo-efetividade em relação à situação atual</b></p>	<p>Não foram encontrados estudos que avaliaram o custo ou custo-efetividade desta opção.</p>
<p><b>Incertezas em relação aos benefícios, danos potenciais e riscos, de modo que o monitoramento e avaliação sejam garantidas se a opção for</b></p>	<p>Uma revisão sistemática trouxe como incerteza a informação de que para se desenvolver um sistema equilibrado de GIRS, ele precisa ter uma explicação comercial, ser aceito pela comunidade e ser ecologicamente</p>

<b>implementada</b>	<p>correto. No entanto, a grande questão da GIRS é que ela não é aceita pela comunidade e não tem solução legal (VARJANI et al., 2021).</p> <p>Outra revisão sistemática trouxe como um dos desafios futuros para a gestão de RSS o desenvolvimento e implantação de sistema integrado de gestão de resíduos e alocação adequada de recursos (THAKUR e RAMESH, 2015).</p>
<b>Principais elementos da opção (se ela já foi implementada/testada em outro lugar)</b>	Varjani et al. (2021), em sua revisão sistemática, destacaram que em Portugal, o Sistema de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (GIRS) aproveita todos os resíduos sólidos gerados na cidade. Isso inclui plantas de incineração, gaseificação e plantas de compostagem para frações de resíduos sólidos orgânicos.
<b>Percepção dos sujeitos sociais (grupos de interesse) envolvidos na opção, quanto à sua efetividade</b>	Não foram encontrados relatos da percepção dos sujeitos sociais envolvidos na opção.

Fonte: autoria própria.

## OPÇÃO DE DISPOSIÇÃO EM ATERROS SANITÁRIOS

### Opção 9 - Dispor os Resíduos em Aterros Sanitários

Os aterros sanitários são uma versão modificada dos aterros abertos que acomodam coleta de gás e tratamento de lixiviados. O aumento da atenção aos aterros a céu aberto pode estar relacionado ao maior número de países em desenvolvimento, uma vez que esta opção é uma das unidades de gestão de resíduos mais baratas e menos tecnologicamente intensivas disponíveis (MULYA et al., 2022).

#### Quadro 9 - Achados relevantes para a opção, segundo revisões sistemáticas

<b>Categorias dos Achados</b>	<b>Síntese dos achados mais relevantes</b>
<b>Benefícios</b>	<p>Uma revisão sistemática propõe que, nos aterros sanitários, gases nocivos ao meio ambiente, como o metano, podem ser coletados para reduzir as emissões de gases de efeito estufa e simultaneamente ser utilizado para geração de energia (MULYA et al., 2022).</p> <p>Outra revisão sistemática propõe o funcionamento de aterro com recuperação de gás de aterro (KAMAREHIE et al., 2020).</p>

<b>Danos potenciais</b>	Uma revisão sistemática afirma que o aterro ocupa terras produtivas e as torna impróprias para outras aplicações (ILYAS et al., 2018).
<b>Custos ou custo-efetividade em relação à situação atual</b>	Não foram encontrados estudos que avaliaram o custo ou custo-efetividade desta opção.
<b>Incertezas em relação aos benefícios, danos potenciais e riscos, de modo que o monitoramento e avaliação sejam garantidas se a opção for implementada</b>	Não foram encontrados estudos que avaliaram as incertezas relacionadas com esta opção.
<b>Principais elementos da opção (se ela já foi implementada/testada em outro lugar)</b>	Uma revisão sistemática observou que os EUA coletaram 2,6 milhões de toneladas de metano emitidos de aterros sanitários em 2003, 70% dos quais foram utilizados para geração de energia (MULYA et al., 2022).
<b>Percepção dos sujeitos sociais (grupos de interesse) envolvidos na opção, quanto à sua efetividade</b>	Não foram encontrados relatos da percepção dos sujeitos sociais envolvidos na opção.

Fonte: autoria própria.

## OPÇÃO PARA OS MATERIAIS PLÁSTICOS

### Opção 10 - Biodegradação de Plásticos

O plástico é um material sintético amplamente utilizado em diversos setores. Apesar de ter uma série de benefícios para a sociedade humana, os materiais dos plásticos contribuem com uma variedade de deméritos, portanto, atualmente, a gestão de resíduos plásticos é uma questão ambiental importante (ILYAS et al., 2018).

#### Quadro 10 - Achados relevantes para a opção, segundo revisões sistemáticas

Categories dos Achados	Síntese dos achados mais relevantes
<b>Benefícios</b>	Uma revisão sistemática propõe a gestão de resíduos plásticos através da biodegradação por microrganismos de algumas massas plásticas. A resistência e a inércia dos plásticos podem ser reduzidas pelo ataque microbiano pela união de amido e prooxidantes posteriores (óleo e metais de transição). Este estudo também mostrou que o solo de mangue é uma fonte decente de micróbios adequados para degradar plásticos e polietileno. Por fim, o estudo afirmou também que a biodegradação promete minimizar a poluição ambiental de forma eficaz (ILYAS et al., 2018).
<b>Danos potenciais</b>	Uma revisão sistemática relatou que a degradação do

	plástico resulta na liberação de metano (ILYAS et al., 2018).
<b>Custos ou custo-efetividade em relação à situação atual</b>	Não foram encontrados estudos que avaliaram o custo ou custo-efetividade desta opção.
<b>Incertezas em relação aos benefícios, danos potenciais e riscos, de modo que o monitoramento e avaliação sejam garantidas se a opção for implementada</b>	Uma revisão sistemática afirmou que os plásticos biodegradáveis variam em preço, aplicação e taxa de degradação (ILYAS et al., 2018).
<b>Principais elementos da opção (se ela já foi implementada/testada em outro lugar)</b>	Uma revisão sistemática analisou a degradação de sacos plásticos e de polietileno utilizando espécies bacterianas e fúngicas Gram-negativas e Gram-positivas. Entre as bactérias, as espécies de <i>Pseudomonas</i> tiveram melhor desempenho na degradação do plástico e do polietileno. Entre as espécies fúngicas, o <i>Aspergillus glaucus</i> foi a mais eficiente na degradação dos mesmos materiais (ILYAS et al., 2018).
<b>Percepção dos sujeitos sociais (grupos de interesse) envolvidos na opção, quanto à sua efetividade</b>	Não foram encontrados relatos da percepção dos sujeitos sociais envolvidos na opção.

Fonte: autoria própria.

## OPÇÃO PARA REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS

### *Opção 11 - Reutilizar os resíduos sólidos como agregados de asfalto*

É essencial aumentar a conscientização sobre a necessidade de conservar o meio ambiente e preservar os recursos naturais, porque eles se formam de forma extremamente lenta. Além de reduzir o uso de recursos naturais, a incorporação de resíduos como substitutos de agregados nas misturas asfalto de matriz de pedra melhorou o desempenho de sulcos e fadiga das misturas asfálticas (BABALGHAITH et al., 2022).

#### **Quadro 11 - Achados relevantes para a opção, segundo revisões sistemáticas**

Categories dos Achados	Síntese dos achados mais relevantes
<b>Benefícios</b>	Uma revisão sistemática propõe a utilização dos materiais residuais como substitutos de agregados nas misturas de asfalto de matriz de pedra. Esses materiais incluem: pavimento asfáltico reciclado, concreto reciclado, escória de aço, clínquer de óleo de palma, resíduos cerâmicos, resíduos plásticos triturados e borracha triturada. Os resíduos foram utilizados como agregados finos, como agregados graúdos, ou ambos (BABALGHAITH et al.,

	2022).
<b>Danos potenciais</b>	Não foram encontradas revisões sistemáticas que relataram os danos potenciais dessa opção.
<b>Custos ou custo-efetividade em relação à situação atual</b>	Uma revisão sistemática afirmou que a maioria das pesquisas utilizou o compactador Marshall, porque é relativamente leve, portátil e barato em comparação com outros compactadores, e recomendou a aplicação de 50 golpes por lado (BABALGHAITH et al., 2022).
<b>Incertezas em relação aos benefícios, danos potenciais e riscos, de modo que o monitoramento e avaliação sejam garantidas se a opção for implementada</b>	Uma revisão sistemática demonstrou que a maioria das pesquisas anteriores se concentrou na investigação de propriedades mecânicas, ignorando o impacto ambiental e econômico da utilização (BABALGHAITH et al., 2022).
<b>Principais elementos da opção (se ela já foi implementada/testada em outro lugar)</b>	Uma revisão sistemática afirmou que, além de reduzir o uso de recursos naturais, a incorporação de resíduos como substitutos de agregados nas misturas de asfalto de matriz de pedra melhorou o desempenho de sulcos e fadiga das misturas (BABALGHAITH et al., 2022).
<b>Percepção dos sujeitos sociais (grupos de interesse) envolvidos na opção, quanto à sua efetividade</b>	Não foram encontrados relatos da percepção dos sujeitos sociais envolvidos na opção.

Fonte: autoria própria.

## **OPÇÃO PARA PARTICIPAÇÃO DE GRUPOS DE INTERESSE**

### ***Opção 12 - Incentivar a participação de grupos de interesse (stakeholders) no processo de tomada de decisão sobre a gestão de resíduos sólidos***

As parcerias/partes interessadas são um elemento essencial a ser considerado, reconhecendo as abordagens sistêmicas para a mudança de comportamento. A intenção é ir além de influenciar a consciência ou atitudes e crenças, para criar condições que facilitem e mantenham a mudança de comportamento a longo prazo (SEWAK et al., 2021).

**Quadro 12 - Achados relevantes para a opção, segundo revisões sistemáticas**

Categorias dos Achados	Síntese dos achados mais relevantes
<p><b>Benefícios</b></p>	<p>Em sua revisão sistemática, Sewak et al. (2021) propõem que a pesquisa formativa ajuda a gerar insights de usuários, especialistas e partes interessadas antes que programas e soluções possam ser personalizados para o segmento alvo. A consulta às partes interessadas fornece insights exclusivos sobre as operações, viabilidade e oportunidades de endosso. O impacto comportamental estatisticamente mais significativo foi observado entre as intervenções que modificaram o ambiente construído com a introdução de equipamentos de triagem de resíduos, um sistema de coleta próximo à propriedade, ou serviços de coleta de resíduos verdes na calçada. O Programa de Ação de Resíduos e Recursos recomenda que as autoridades locais se concentrem em públicos específicos e grupos de difícil acesso. As pesquisas participativas fornecem insights realistas sobre as necessidades e preferências dos usuários. As estratégias de comunicação mais populares incluíam reuniões públicas, seminários e visitas de porta em porta. Materiais impressos como folhetos e artigos de jornal também foram identificados como o tipo de mídia preferido. Ma e Hipel (2016) mostraram que a educação pública é um compromisso de longo prazo para os governos presentes e futuros para criar uma forte consciência ambiental entre todos os stakeholders. A criação de cooperativas e associações entre os recicladores informais, o estabelecimento de parcerias público-privadas, a integração com o setor formal e o aprimoramento da aplicação de políticas são comumente sugeridos como possíveis soluções para os setores informais. A aceitação pública desempenha um papel importante em influenciar a eficácia de qualquer esquema de gestão de RSU e seu bom funcionamento. Envolver o público desde a etapa da tomada de decisão pode promover a conscientização sobre os riscos potenciais das instalações de RSU, reduzir a oposição do público e minimizar o risco potencial, especialmente para populações. Para a participação do setor informal, a política deve garantir apoio financeiro e técnico, é necessário reconhecer as contribuições do setor, e a participação pública deve estabelecer uma parceria adequada entre os setores público e informal. Essas interconexões tornam as análises de gestão de RSU complicadas e demandam métodos de análise integrados, que possam lidar com dados quantitativos, qualitativos e critérios múltiplos.</p>

<p><b>Danos potenciais</b></p>	<p>Não foram encontradas revisões sistemáticas que relataram os danos potenciais dessa opção.</p>
<p><b>Custos ou custo-efetividade em relação à situação atual</b></p>	<p>Sewak et al. (2021) demonstraram, em sua revisão sistemática, que o processamento de resíduos é um gerador de empregos econômicos e a recuperação de recursos leva a três vezes mais pessoas empregadas quando comparado ao simples envio de resíduos para aterros sanitários.</p>
<p><b>Incertezas em relação aos benefícios, danos potenciais e riscos, de modo que o monitoramento e avaliação sejam garantidas se a opção for implementada</b></p>	<p>A revisão sistemática de Sewak et al. (2021) afirmou que, sem a percepção que a pesquisa participativa traz a respeito das necessidades e preferências dos usuários, seria difícil criar ofertas de troca orientadas para o consumidor que motivassem e sustentassem o comportamento de separação de fontes e compostagem. Os autores afirmaram que, em revisões anteriores, foi identificado que o envolvimento das partes interessadas na concepção, entrega e avaliação do programa é raro.</p> <p>A revisão sistemática de Ma e Hipel (2016) afirma que, de fato, as Parcerias Público-Privadas (PPP) por si só não garantem uma melhor prestação de serviços e redução de custos. Em um estudo de caso, uma reanálise permitiu identificar três razões principais para o fracasso do ponto de vista de instituições e organizações. A primeira causa é a falta de transparência no processo de adjudicação de contratos, franquias e arrendamentos, fazendo com que nem sempre os empreiteiros mais qualificados ganhem o contrato. A segunda razão é a dificuldade na implementação prática da PPP devido a planos de implementação mal definidos. A terceira razão é a ausência de mecanismos de monitoramento e a falta de cumprimento das cláusulas contratuais. Acrescentaram outros fatores, incluindo deficiências na implementação adequada de contratos formais, atraso no pagamento de subsídios e baixo custo de recuperação.</p>
<p><b>Principais elementos da opção (se ela já foi implementada/testada em outro lugar)</b></p>	<p>Pesquisas recentes sobre gestão de resíduos sólidos na Itália mostraram que uma campanha não discriminatória pode ser mais eficaz para capitalizar sua preocupação com o meio ambiente. A tendência à PPP resulta do fato de que o setor privado comumente opera com tecnologia mais inovadora, maior eficiência de custos, pessoal mais qualificado e recursos de capital mais amplos em comparação com o setor público. Assim, ao envolver o setor privado na gestão de RSU, o setor público pode melhorar sua prestação de serviços e eficiência de gestão, e pode aliviar sua carga financeira. Para o setor informal, os incentivos incluem a</p>

	demanda do público, o lucro potencial (revenda de materiais reciclados) e a existência de uma fonte de renda sustentável por meio da disposição das pessoas em pagar pelo serviço (MA e HIPEL, 2016).
<b>Percepção dos sujeitos sociais (grupos de interesse) envolvidos na opção, quanto à sua efetividade</b>	Não foram encontrados relatos da percepção dos sujeitos sociais envolvidos na opção.

Fonte: autoria própria.

## OPÇÃO COM A UTILIZAÇÃO DE SOFTWARES

### **Opção 13 - Utilizar softwares como ferramentas para a gestão dos resíduos sólidos**

A utilização de ferramentas como o Sistema de Apoio à Decisão (SAD), o Aprendizado de Máquina (Machine Learning) e a Inteligência Artificial (Artificial Intelligence) podem fornecer subsídios importantes para a otimização de processos e custos da Gestão dos Resíduos Sólidos.

#### **Quadro 13 - Achados relevantes para a opção, segundo revisões sistemáticas**

<b>Categorias dos Achados</b>	<b>Síntese dos achados mais relevantes</b>
<b>Benefícios</b>	A revisão sistemática de Melaré et al. (2016) demonstrou: 1) desenho de uma rede regional de recolha de resíduos, utilizando SIG para a seleção de estações de transferência e aterros; 2) uso de SIG e o método de números inteiros mistos e método de programação linear multi-objetivo para definir lugares para a instalação de Ecoponto e suas capacidades de armazenamento; 3) a utilização de esteira elétrica e técnicas de otimização desenvolvidas para auxiliar as cooperativas de reciclagem no processo de separação e classificação automática de materiais; 4) a utilização da Teoria dos Jogos e o Equilíbrio de Nash para pesar e determinar os níveis ideais de incentivos e taxas, que estão diretamente relacionados com os lucros dos fabricantes e recicladores; 5) o uso de modelos de análise contendo múltiplas variáveis para o planejamento do fluxo de alocação de resíduos sólidos por um período de 15 anos, envolvendo a obtenção de resíduos de várias cidades, com custo mínimo com instalações e transporte, tendo como destino final um aterro sanitário e operando duas unidades de transformação (para reciclagem, incineração e compostagem); 6) o uso de um modelo de programação linear inteira mista para o planejamento da gestão de

resíduos a longo prazo. O fluxo de vários distritos é enviado para estações de tratamento, reciclagem e compostagem ou aterros sanitários. Este modelo procura minimizar o custo, seleção de expansão, destinação adequada de resíduos e desvio de resíduos, a fim de prolongar a vida útil do aterro; 7) o uso de um modelo de análise de regressão para prever a eficiência econômica da reciclagem, a regressão linear simples para prever o movimento nos valores de recicláveis e a Teoria de Grey para projeções de produção de resíduos; e 8) uma combinação de modelos espaciais multicritérios e SIG utilizados no mapeamento e seleção de locais potenciais para o desenvolvimento de aterros sanitários. Nesta alternativa os métodos de Análise de Decisão Multicritério (MCDA) lidam com a avaliação de múltiplos critérios envolvidos, o Processo Analítico Hierárquico (AHP) organiza os resultados em ordem de preferência de localização, e o Processo de Rede Analítica (ANP) estabelece relações entre os critérios envolvidos.

Guo et al. (2021) em sua revisão sistemática recente, demonstraram a utilização do Aprendizado de Máquina (Machine Learning - ML) como um sistema para corrigir as falhas dos métodos de tratamento e reciclagem dos Resíduos Sólidos Orgânicos tradicionais (reciclagem classificada, incineração, aterro, compostagem, digestão anaeróbica, pirólise e gaseificação), sendo capaz de adquirir e integrar conhecimento de forma autônoma, generalizar as relações entre variáveis de entrada e de saída por meio de inferência indutiva e, em seguida, tomar decisões informadas em novos casos, com base nas relações aprendidas com os dados empíricos.

Outra revisão sistemática demonstrou o desenvolvimento de modelos matemáticos para prever a taxa de geração de RSS, considerando a ocupação do leito e o tipo de doença, além do uso de Redes Neurais Artificiais (RNA) para prever a taxa de geração de resíduos e para a formulação de estratégias econômicas para o gerenciamento de resíduos hospitalares (THAKUR e RAMESH, 2015).

Por fim, a recente revisão sistemática de Andeobu et al. (2022) mostrou a utilização de máquinas inteligentes para triagem de resíduos, diferenciando facilmente várias categorias de resíduos sólidos; Inteligência Artificial (IA) no processo de triagem, onde os itens em uma esteira transportadora (resíduos ou novos produtos) são

	<p>digitalizados automaticamente com câmeras e analisados por algoritmos de aprendizado profundo e fornece estatísticas e análises de composição para ajudar as instalações de Gestão de Resíduos Sólidos a aumentar as taxas de reciclagem. RNA aplicados na previsão da geração de resíduos, classificação de resíduos, previsão de temperaturas de co-fusão de cinzas volante geradas a partir de um incinerador, geração de biogás, formação de lixiviados, valor, bem como recuperação de energia; utilização de Árvores de Decisão (AD) na previsão da geração, compressão de resíduos, classificação de resíduos e detecção de padrões de comportamento de geração de resíduos, com fácil interpretação dos resultados e capacidade de processar dados com valores ausentes e características irrelevantes; utilização de Máquinas de Vetores de Suporte (MVS), que são simples e geram baixos erros de generalização, na previsão da geração de resíduos, classificação de resíduos, recuperação de energia e valor de aquecimento de resíduos; utilização de AG na classificação de resíduos, previsão de geração de resíduos, previsão de acúmulo de resíduos, geração de biogás, previsão de temperaturas de co-fusão de cinzas volante geradas a partir de um incinerador alimentado com RSU e estimativa do poder calorífico. São valiosos para estimar custos de gestão e impactos ambientais relacionados ao manuseio de resíduos e tratamento, otimização dos custos de gerenciamento de resíduos médicos, incluindo locais de resíduos de hospitais e são aplicados na resolução de problemas de gestão de resíduos por sua eficiência, melhoria dos resultados ao longo do tempo, a robustez dos dados de entrada e fácil programabilidade; por fim, com a utilização da Regressão Linear Multivariada (RLM) para prever a geração de resíduos e a formação de lixiviados, os resultados obtidos são de fácil interpretação.</p>
<p><b>Danos potenciais</b></p>	<p>Não foram encontradas revisões sistemáticas que relataram os danos potenciais dessa opção.</p>
<p><b>Custos ou custo-efetividade em relação à situação atual</b></p>	<p>Na revisão sistemática de Melaré et al. (2016) não foi encontrada uma avaliação do custo ou do custo-efetividade da opção, mas os custos da implementação dessa opção devem incluir a aquisição de computadores, licença de uso dos softwares e a contratação de profissionais com domínio na área de Sistemas de Apoio à Decisão (SAD). Além disso, alguns custos podem ser decorrentes da utilização destes modelos, como a construção de aterros sanitários,</p>

	<p>unidades de transbordo, reciclagem e compostagem, e a contratação de novos funcionários para o gerenciamento dos resíduos. Alguns desses custos também podem ser considerados para a criação de uma rede regional de gestão de resíduos, onde os resíduos de alguns municípios são destinados para um município comum, que será determinado pelos modelos sugeridos, de acordo com a área disponível para construção do aterro, capacidade e acessibilidade.</p> <p>Segundo Guo et al. (2021), o custo computacional de ML (Aprendizado de Máquina) durante o processo de treinamento é muito menor do que os potenciais benefícios que ele pode trazer. Além disso, devem ser considerados os custos da contratação de pessoal capacitado na área e máquinas de computadores que suportem a operacionalização dos sistemas. Os autores afirmaram que o uso da Aprendizagem de Máquina proporcionou economia de tempo e uma redução significativa de mão de obra e consumo de recursos em experimentos repetitivos desnecessários.</p> <p>Por fim, uma revisão sistemática informou que se espera que o mercado de IA aumente de US\$ 8,1 bilhões em 2016 para US\$ 57,6 bilhões até 2022; a utilização de MVS, RLM e AD têm baixos custos computacionais (ANDEOBU et al., 2022).</p>
<p><b>Incertezas em relação aos benefícios, danos potenciais e riscos, de modo que o monitoramento e avaliação sejam garantidas se a opção for implementada</b></p>	<p>Os benefícios da implementação dessa opção de enfrentamento não estão claramente estabelecidos para os tomadores de decisão. Os potenciais riscos são referentes aos custos relacionados no item anterior, visto que se trata de um município pequeno e com baixa renda per capita (IBGE, 2022), portanto, os custos necessários à implantação dessa opção podem não ser adequados para o município. Além disso, uma vez implantados, os SAD, por sua complexidade e necessidade de profissional qualificado na área, podem não ser manuseados corretamente ou os seus dados podem não ser interpretados de forma correta para auxiliar o processo de tomada de decisão.</p> <p>Uma revisão sistemática afirmou que as incertezas da utilização dessas ferramentas giram em torno das limitações de dados insuficientes, baixa interpretabilidade e princípios de seleção de modelos pouco claros (GUO et al., 2021).</p> <p>Para Andeobu et al. (2022) RNA não são eficientes em</p>

	<p>determinar a importância relativa dos vários fatores envolvidos na análise; ponto fraco do modelo de AD é que ele tende a sobreajuste de dados; AG não são eficazes para resolver problemas simples e requerem construção meticulosa, pois a escolha inadequada de operadores pode afetar desfavoravelmente os resultados gerados pelo modelo; e RL (Regressão Linear) é um método geralmente considerado inadequado para modelar dados não lineares.</p>
<p><b>Principais elementos da opção (se ela já foi implementada/testada em outro lugar)</b></p>	<p>Os principais elementos desta opção incluem: 1) determinação do local adequado para instalação de um novo aterro; 2) otimização da reciclagem, compostagem, digestão anaeróbia, incineração e produção de biogás; e 3) previsão da geração de resíduos para direcionar as ações de gestão dos resíduos.</p> <p>A maioria dos estudos incluídos na revisão sistemática de Melaré et al. (2017) foram realizados na Ásia, América do Norte e Europa. A falta de estudos em regiões como América Latina e África é explicada pela falta de infraestrutura ou orçamento, embora as tecnologias atuais de hardware e software, bem como a difusão da internet, possibilitem o desenvolvimento de sistemas integrados, pois existem países que não têm meios financeiros para adquirir tais tecnologias.</p> <p>Na revisão sistemática de Guo et al. (2021) o Aprendizado de Máquina foi empregado para avaliar a geração de RSU no Canadá, na Índia, na Malásia e no Irã, por meio dos modelos RNA, AD e MVS. A maioria (54%) dos estudos relevantes adotou RNA para modelagem e previsão, seguida por MVS, AG e AD.</p> <p>Adicionalmente, a revisão sistemática de Thakur e Ramesh (2015) apresentou o modelo de Redes Neurais Artificiais usado no Irã para prever a taxa de geração de Resíduos Sólidos dos Serviços de Saúde.</p> <p>Por fim, uma revisão sistemática trouxe informações sobre o uso da IA na Austrália, também adotado em muitos países desenvolvidos (por exemplo, Áustria, Alemanha, Nova Zelândia, EUA, Reino Unido, Japão, Singapura, Suíça, Coreia do Sul e Canadá). A implementação de tecnologias de IA para melhorar a gestão sustentável de resíduos na Austrália e em outros países ajudará a reduzir a quantidade de recursos naturais consumidos pela reutilização, reciclagem ou recuperação de materiais antes de chegar ao</p>

	fim da vida útil (ANDEOBU et al., 2022).
<b>Percepção dos sujeitos sociais (grupos de interesse) envolvidos na opção, quanto à sua efetividade</b>	Não foi mencionada a percepção dos sujeitos sociais envolvidos na opção, porém o estudo de Melaré et al. (2016) revelou que uma maior consciência ambiental da população sugere uma maior maturidade na gestão dos resíduos sólidos e na aplicação de várias tecnologias.

Fonte: autoria própria.

### **Considerações sobre as opções relacionadas com a equidade**

A decisão a respeito das opções a serem implementadas deve levar em consideração se essas opções poderão ou não impactar negativamente as desigualdades entre os grupos populacionais envolvidos. Desta maneira, seguem abaixo algumas considerações sobre as opções sugeridas por esta síntese.

#### **Opção 1 – Incentivar a compostagem aeróbica doméstica e em pequena escala como uma tecnologia de recuperação de nutrientes, visando o desvio de resíduos da destinação final e a produção de biofertilizantes**

e

#### **Opção 2 – Incentivar a realização da vermicompostagem para reduzir a quantidade de resíduo orgânico que chega ao lixão e para produzir biofertilizantes importantes para a fertilidade do solo**

Alguns grupos populacionais formados por pessoas que residem em áreas rurais ou menos nobres, onde se produz uma maior quantidade de resíduo orgânico, proveniente de podas e restos de alimentos, e onde se pode utilizar e/ou vender biofertilizantes, e por pessoas que possivelmente apresentam baixo grau de escolaridade podem estar em desvantagem quando não puderem acessar as instruções sobre a correta realização da compostagem ou da vermicompostagem, podendo gerar maus odores durante o processo, infestação de animais ou atração de vetores de doenças como roedores. Além disso, a depender da quantidade de composto (biofertilizante) gerado e da capacidade de venda, os promotores da compostagem e/ou vermicompostagem podem não se sentir motivados a prosseguir com a atividade, por não gerar rentabilidade financeira.

Para mitigar esses impactos, pode-se desenvolver uma estratégia de marketing que inclua a distribuição gratuita de materiais/ferramentas utilizadas na realização da compostagem e/ou vermicompostagem, ou até mesmo o fornecimento de descontos para a compra desses materiais, bem como a produção de vídeos e cartilhas didáticas e explicativas sobre as instruções de manuseio dos compostos e atitudes a serem adotadas para evitar o

aparecimento de animais indesejados, bem como instruções e dicas que promovam as vendas dos biofertilizantes gerados.

### **Opção 3 – Utilizar a digestão anaeróbica para recuperação de energia, com a produção extensiva de biogás e a redução de resíduos enviados para o lixão**

Alguns grupos populacionais podem se encontrar em desvantagem em relação aos benefícios provenientes da digestão anaeróbia e a consequente produção de biogás, pois a construção e implantação de plantas de biogás em unidades rurais demanda uma quantia razoável de investimentos econômicos que talvez sejam inviáveis para agricultores familiares. Sendo assim, prioritariamente são construídas plantas maiores de biogás, que podem ser alimentadas com dejetos de animais ou outros tipos de resíduos orgânicos, para geração de gás e biofertilizantes. Por exigirem investimentos razoáveis, muito provavelmente serão construídas e administradas por empresas privadas ou pelo próprio estado, o que talvez não resultaria em benefícios diretos da utilização do biogás por parte da comunidade.

Para promover a equidade, o estado pode adotar estratégias de incentivos e/ou subsídios financeiros para a aquisição de plantas de biogás em unidades rurais, que serão responsáveis pela produção de biofertilizantes, utilizados no cultivo, e de biogás para serem usados nas próprias fazendas, suprindo a geração de eletricidade e podendo injetar nas redes de energia o excedente, de modo a promover a independência energética da região (MATHIAS, 2014). Em relação às plantas maiores, poderiam ser ofertados para os donos de propriedades, incentivos fiscais e financeiros para aqueles que disponibilizassem suas propriedades para a construção de plantas de biogás, bem como o provimento de eletricidade para as atividades internas das propriedades rurais. Além disso, nos casos das plantas operadas por empresas privadas e/ou administração pública, poderiam ser assumidos compromissos de fornecimento de eletricidade com baixo custo para a parcela da população com poder aquisitivo reduzido, de modo a promover acesso e economia de recursos financeiros.

### **Opção 4 – Disseminar os conceitos da Economia Circular e fortalecer a conexão entre eles e a gestão dos resíduos sólidos**

Grupos populacionais que residem às margens da sociedade, com status socioeconômico inferior, com baixa escolaridade, pouco acesso à informação e culturalmente adeptos à economia linear, por naturalmente priorizar a sobrevivência em detrimento da saúde ambiental, possivelmente podem não ser alcançados por incentivos de adesão ao modelo de Economia Circular. Para promover a equidade diante deste cenário, deve adotar métodos de entrega de informação, por meio de campanhas educativas e de sensibilização; identificar líderes comunitários, formadores de opinião, que podem atuar como defensores do novo modelo; e oferecer compensação econômica pelo descarte adequado de resíduos e a aquisição de produtos remanufaturados.

### **Opção 5 – Realizar a Reciclagem de materiais, incentivando a participação pública e também do setor informal**

Grupos populacionais formados pelos catadores informais, normalmente pouco instruídos, podem não conseguir perceber as vantagens de ser um colaborador em uma ação da administração pública para realizar a reciclagem na localidade. Para aumentar a equidade, deve-se adotar estratégias de fortalecimento de cooperativas de catadores, campanhas educativas, treinamentos e demais ações que garantam o conhecimento dessas pessoas acerca das vantagens de ser um cooperado, como garantias financeiras e de segurança acerca da ocupação.

### **Opção 6 - Incineração e tratamento das cinzas volantes e de fundo resultantes da incineração**

Grupos populacionais que moram em regiões afastadas das zonas urbanas e são pouco influentes podem vivenciar desvantagens oriundas das instalações de plantas de incineração nas proximidades de suas residências, pela impressão geral de que esse tipo de atividade pode provocar principalmente problemas respiratórios na população residente nas proximidades. Sendo assim, uma pressão popular pode ser gerada no sentido de instalar os incineradores nos locais mais distantes possível.

Se operada em conformidade com as leis e regulamentos, sobre controle da poluição do ar e tratamento de produtos resultantes da atividade, não haverá riscos para a população. Além disso, a participação pública na decisão por essa tecnologia, bem como a disseminação de conhecimento acerca das características e modo de operação da incineração trarão para a população uma maior sensação de estar vivenciando um processo participativo e seguro.

### **Opção 7 - Tratamento dos Resíduos Sólidos dos Serviços de Saúde**

Grupos populacionais formados pelos trabalhadores que administram os resíduos das unidades de saúde, algumas vezes com baixo grau de escolaridade, e pelos profissionais de saúde podem estar em desvantagem em relação à opção, em virtude da fragilidade existente na infraestrutura de coleta e triagem nas unidades de saúde, etapa fundamental para a gestão desses resíduos, algumas vezes colocando em risco a segurança desses profissionais. Uma nova abordagem e tratamento desses resíduos, implica em melhores práticas de manuseio nas unidades de saúde.

Para promover a melhoria da segurança pessoal e a redução dos riscos ocupacionais devem ser adotadas estratégias como a apresentação das melhorias que envolvem a mudança de práticas, educação por meio de materiais didáticos, palestras, treinamento e o constante envolvimento de pessoal.

### **Opção 8 - Implementar a Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (GIRS)**

As desvantagens a respeito desta opção podem ser vivenciadas pelos seguintes grupos populacionais: trabalhadores do setor informal da gestão dos resíduos; pessoas com baixos grau de escolaridade e baixa renda; e pelas pessoas que, em termos culturais e por terem sido habituados a se comportar de certa maneira a respeito dos resíduos sólidos, têm uma certa resistência à mudança. Como essa nova abordagem necessita do envolvimento de todas as partes interessadas, incluindo o setor informal, é possível que haja uma resistência à mudança, principalmente pela falta de conhecimento/informação acerca dos benefícios, tanto por parte dos trabalhadores do setor informal, quanto dos usuários.

Para promover a equidade no desenvolvimento desta ação, é necessário promover a educação dos usuários, treinamentos dos setores envolvidos e engajamento do público em geral, além de incorporar a participação do público no processo de tomada de decisão.

### **Opção 9 - Dispor os Resíduos em Aterros Sanitários**

Os trabalhadores do setor informal que, provavelmente dependem dos resíduos sólidos para sua sobrevivência, podem estar em desvantagem a respeito desta opção, pois a disposição de resíduos em aterros sanitários formaliza a atividade e inviabiliza o acesso dessas pessoas aos resíduos. Em sua maioria, essas pessoas têm baixo grau de escolaridade e baixa renda. Além disso, as pessoas que residem em locais afastados das zonas urbanas também podem sentir as desvantagens dos aterros sanitários, visto que, na grande maioria das vezes, esses são os locais eleitos para a construção de aterros, o que torna essas regiões desvalorizadas, do ponto de vista imobiliário, e, quando não operados de maneira adequada, podem gerar maus odores e atrair animais e vetores de doenças. Também em sua maioria, o perfil dessas pessoas é de baixo grau de escolaridade, baixa renda e baixa influência política.

Para promover a equidade no desenvolvimento desta ação, é necessário promover a filiação em cooperativas de reciclagem para os trabalhadores do setor informal, esclarecendo as vantagens e os modos de operação do sistema; garantir a operação adequada dos aterros sanitários; e promover compensação econômica para os moradores nas proximidades do aterro.

### **Opção 10 - Biodegradação de Plásticos**

Os trabalhadores do setor informal que, provavelmente dependem dos resíduos sólidos para sua sobrevivência, podem estar em desvantagem a respeito desta opção, pois a biodegradação de plásticos diminui a quantidade de plásticos disponíveis para a reciclagem ou reutilização. Para as pessoas que moram em regiões afastadas dos centros urbanos, elas podem ter suas áreas destinadas para a instalação de usinas industriais para biodegradação. Em sua maioria, essas pessoas têm baixo grau de escolaridade e baixa renda, o que, na maioria das vezes, faz com que suas vontades sejam negligenciadas.

Para promover a equidade no desenvolvimento desta opção, primeiramente deve-se definir um espaço específico para os trabalhadores informais participar oficialmente da

opção, filiados a uma cooperativa, por exemplo, esclarecendo-lhes o funcionamento e as vantagens da opção. Em segundo lugar, pode-se promover um processo rigoroso de triagem dos resíduos plásticos para garantir que, aqueles resíduos que não são recomendados para o processo de biodegradação, sejam encaminhados para a cooperativa, de modo que não sejam perdidos ou descartados. Além disso, podem ser oferecidas algumas compensações financeiras para aqueles que cederem espaços em suas áreas para o funcionamento das usinas industriais de biodegradação ou aqueles que se sentirem lesados com a presença desses sistemas nas proximidades de suas residências

### **Opção 11 - Reutilizar os resíduos sólidos como agregados de asfalto**

Os trabalhadores do setor informal que, muito provavelmente dependem dos resíduos sólidos para sua sobrevivência, podem estar em desvantagem a respeito desta opção, pois ela diminui a disponibilidade de resíduos sólidos, aos quais esses trabalhadores tinham acesso, e de onde retiravam itens de valor para a reciclagem ou para a revenda. Para promover a equidade no desenvolvimento desta opção, pode-se determinar que ocorra uma triagem e que sejam retirados do montante de resíduos destinados à agregação de asfaltos, todos os resíduos de valor para a reciclagem ou para a revenda. Sendo assim, devem ser destinados para esta opção somente aqueles resíduos cujas possibilidades de reuso ou reciclagem estejam esgotadas, ou seja, rejeitos.

### **Opção 12 - Incentivar a participação de grupos de interesse (stakeholders) no processo de tomada de decisão sobre a gestão de resíduos sólidos**

Os grupos populacionais formados pelos trabalhadores do setor informal da gestão dos resíduos sólidos, pelas pessoas que moram em locais afastados da zona urbana, e pelas pessoas com baixo grau de escolaridade e baixa renda podem vivenciar as desvantagens desta opção, caso as ações desenvolvidas para incentivar a participação dos grupos de interesse na tomada de decisão, para tornar o processo da Gestão dos Resíduos Sólidos participativo, não sejam eficazes para alcançar a representatividade de todos os grupos envolvidos, inclusive aqueles mencionados acima, que são de difícil acesso.

Para promover o alcance de todos os interessados, principalmente daqueles pertencentes aos grupos menos favorecidos e de difícil acesso, devem ser adotadas estratégias de educação, treinamento e conhecimento com linguagem acessível, que sejam precedidas de consultas a esses atores para capturar a visão, o entendimento e as contribuições dos diversos setores na tomada de decisão a respeito dos resíduos sólidos.

### **Opção 13 - Utilizar softwares como ferramentas para a gestão dos resíduos sólidos**

Um município cuja gestão municipal tem recursos financeiros, materiais e humanos limitados, pode não desfrutar de todas os benefícios da utilização de determinados softwares, por não possuírem mão de obra especializada no município apta para lidar com as

ferramentas, nem recursos financeiros disponíveis para contratar funcionários vindos de fora ou para adquirir computadores com especificações operacionais adequadas. Além disso, grupos populacionais formados pelos trabalhadores informais da gestão dos resíduos sólidos podem vivenciar as desvantagens dessa opção, ao passo que alguns dos softwares mencionados tornam obsoletas e desnecessárias as atividades do setor informal.

Quanto à limitação de recursos da gestão municipal, poderiam ser desenhadas estratégias de captação de recursos, sejam pelo próprio fornecimento de serviços municipais, como tarifação de coleta e tratamento de resíduos, quanto por estratégias de geração de renda, como por exemplo a criação de cooperativas de reciclagem, que seria uma solução para o setor informal e para a geração de recursos municipais. Além das cooperativas, o setor informal pode ser incorporado nas ações necessárias, definidas pelo uso dos softwares, como a triagem eficiente, o aprimoramento da reciclagem e o desvio de resíduos dos aterros sanitários, dentre outras opções de disposição final.

## CONSIDERAÇÕES SOBRE A IMPLEMENTAÇÃO DAS OPÇÕES

As iniciativas positivas podem ser reproduzidas com modificações que respeitem características, dimensões, geração de resíduos, população e individualidades de cada país. É importante ressaltar que a escolha do tratamento também será influenciada por fatores políticos, sociais, econômicos e ambientais, como interesses políticos, disponibilidade de recursos financeiros e consciência ambiental. O sistema deve ser estruturado para atender a realidade local por meio de regulamentações adequadas, contribuindo para gestão de resíduos sólidos urbanos e buscando atuar em conjunto com o setor público, o setor privado e a sociedade, todos com papéis e responsabilidades bem definidos (GONÇALVES et al., 2018). Para as considerações sobre implementação, buscas adicionais foram feitas na base Google. Vale lembrar que, para algumas opções, não foram encontradas considerações a respeito da implementação nos níveis da população, trabalhadores ou organização e serviços.

### Quadro 14 - Considerações sobre a implementação das opções 1 e 2

<p>Níveis</p>	<p><b>Opção 1 - Incentivar a compostagem aeróbica doméstica e em pequena escala como uma tecnologia de recuperação de nutrientes, visando o desvio de resíduos da destinação final e a produção de biofertilizantes</b></p> <p><b>Opção 2 – Incentivar a realização da vermicompostagem para reduzir a quantidade de resíduo orgânico que chega ao lixão e para produzir biofertilizantes importantes para a fertilidade do solo</b></p>
<p><b>População em Geral</b></p>	<p>As intervenções de marketing social são projetadas para influenciar comportamentos específicos que podem ser medidos. A intenção é ir além de</p>

	<p>influenciar a consciência ou atitudes e crenças, para criar condições que facilitem e mantenham a mudança de comportamento a longo prazo. Estratégias para induzir a mudança de comportamento podem ser usadas como abordagens apenas informativas, comunicação de normas e esquemas de reciclagem incentivados. Uma abordagem orientada para o consumidor garante o envolvimento ativo dos consumidores desde o início da concepção do programa. Métodos criativos e diversos de coleta de dados aumentarão a profundidade da compreensão e facilitarão o desenvolvimento e a implementação de abordagens de mudança de comportamento. As barreiras à mudança de comportamento podem ser minimizadas identificando e abordando fatores externos que competem pelo tempo e atenção do público, seja de forma direta, como outras campanhas de marketing, seja de forma indireta, como comportamentos alternativos. O impacto comportamental estatisticamente mais significativo foi observado entre as intervenções que modificaram o ambiente construído com a introdução de equipamentos internos de triagem de resíduos (SEWAK et al., 2021).</p> <p>A compostagem precisa ser aprimorada, o que é essencial para a implementação da separação do material residual na fonte geradora, para que os materiais recicláveis possam ser encaminhados para processos de reciclagem e o material orgânico para compostagem (GONÇALVES et al., 2018).</p>
<p><b>Trabalhadores</b></p>	<p>Os profissionais precisam buscar ativamente informações sobre o que motiva o público-alvo, quem e o que influencia os comportamentos observados e quais barreiras físicas e percebidas são evidentes (SEWAK et al., 2021).</p>
<p><b>Organização e serviços</b></p>	<p>Os planejadores de programas precisam investigar determinantes do comportamento e fatores que podem influenciar ou promover mudanças. As autoridades locais devem se concentrar em públicos específicos e grupos de difícil acesso (SEWAK et al., 2021).</p> <p>Processos bioquímicos como compostagem e vermicompostagem merecem corretamente o pensamento adicional de qualquer gestão sincronizada de resíduos sólidos urbanos (VARJANI et al., 2021).</p> <p>O programa de compostagem deve ser considerado como uma estratégia eficaz em conjunto com outras tecnologias na gestão de resíduos (KAMAREHIE et al., 2020).</p>

Fonte: autoria própria.

**Quadro 15 - Considerações sobre a implementação da opção 3**

Níveis	Opção 3 – Utilizar a digestão anaeróbica para recuperação de energia, com a produção extensiva de biogás e a redução de resíduos enviados para o lixão
<b>População em Geral</b>	Resta recuperar a consciência nas indústrias e sociedades, a solicitação de um produto de base biológica que depende do comportamento do consumidor e aceitação no mercado. Avançar as formas de conscientização e melhorar a conscientização, o empreendedorismo e as atividades sociais contribuem de maneira importante para o desenvolvimento sustentável e estável do país (VARJANI et al., 2021).
<b>Trabalhadores</b>	O aprimoramento e o desenvolvimento de técnicas recentes de coleta, armazenamento, separação e transporte de diferentes tipos de matérias-primas são necessários (VARJANI et al., 2021).
<b>Organização e serviços</b>	Apesar do envolvimento das políticas, a transparência do subsídio deve ser apoiada. Processos bioquímicos como a digestão anaeróbica merecem corretamente o pensamento adicional de qualquer gestão sincronizada de resíduos sólidos urbanos (VARJANI et al., 2021).

Fonte: autoria própria.

**Quadro 16 - Considerações sobre a implementação da opção 4**

Níveis	Opção 4 – Disseminar os conceitos da Economia Circular e fortalecer a conexão entre eles e a gestão dos resíduos sólidos
<b>População em Geral</b>	Para a dimensão social, os municípios têm potencial para implementar planos de solução de resíduos com a participação da população. A aceitação social de produtos de base biológica, o que significa que os consumidores estariam dispostos a pagar por esses produtos, é fundamental para sua difusão e penetração no mercado e para a integração da bioeconomia no sistema econômico. A gestão de resíduos orgânicos por meio da Economia Circular (EC) capta as necessidades do consumidor para melhorias ambientais e redução de emissões de gases de efeito estufa. Esse novo ambiente de negócios pode impactar toda a sociedade com novos empregos e investimentos (PAES et al., 2019).

<b>Trabalhadores</b>	O desenvolvimento de uma cadeia de valor funcional, sob os princípios da bioeconomia, exige a ampliação do sistema para receber novos atores e tecnologias que possibilitem o uso da biomassa. Essa inovação incremental (EC) requer apenas pequenas melhorias ou ajustes nas tecnologias ou processos existentes, sendo assim, existem vários tipos de tecnologias de tratamento de resíduos orgânicos que podem ser adaptados e aplicados (PAES et al., 2019).
<b>Organização e serviços</b>	A gestão de resíduos orgânicos pela abordagem da economia circular também pode levar ao aumento da eficiência dos processos e redução do consumo de recursos naturais, trazendo diversificação de tecnologias e aplicação de produtos finais. Deve atuar com uma boa gestão com uma abordagem de liderança de apoio para garantir a consistência do projeto. O ambiente de negócios e as políticas públicas produzidas no âmbito de uma EC podem criar diversas oportunidades para aumentar a eficiência dos processos industriais e reduzir o consumo de recursos naturais, permitindo que as empresas sejam mais sustentáveis ao fechar ciclos de processos (PAES et al., 2019).

Fonte: autoria própria.

### Quadro 17 - Considerações sobre a implementação da opção 5

<b>Níveis</b>	<b>Opção 5 – Realizar a Reciclagem de materiais, incentivando a participação pública e também do setor informal</b>
<b>População em Geral</b>	<p>De modo intuitivo, é impossível participar do programa de reciclagem se não houver informações instrucionais. Uma revisão sistemática sugeriu que um alto nível de participação poderia ser alcançado através da melhoria da conveniência da reciclagem, estabelecendo “metas de reciclagem”, designando líderes de bairro para incentivar a participação e melhorando a educação pública (MA e HIPEL, 2016).</p> <p>As estratégias educativas podem efetivamente motivar pessoas a se engajarem em programas de reciclagem. Tais estratégias também poderiam promover o conhecimento público para produzir uma menor quantidade de RSU ou tipos distintos de resíduos. Abordagens promissoras como programas educacionais devem ser implementadas para promover o conhecimento público sobre a separação na fonte e a reciclagem de resíduos sólidos (KAMAREHIE et al., 2020).</p>

	<p>O sucesso da reciclagem depende da participação da população, que é influenciada pela proximidade e acessibilidade de caixas de depósito ou contentores (MELARÉ et al., 2016).</p>
<b>Trabalhadores</b>	<p>As Parcerias Público-Privadas (PPP) podem ajudar a resolver a dificuldade de expansão da força de trabalho e limitações no atendimento da demanda pública (MA e HIPEL, 2016).</p> <p>A inclusão do setor informal por meio de associações e cooperativas tem sido cada vez mais incentivada em todo o país. Uma forma de resolver essa questão social do desafio da organização dos trabalhadores informais seria empregar catadores informais em empresas de reciclagem, integrando formalmente esses importantes membros ao sistema. Esses trabalhadores necessitam de capacitação profissional e trabalho legalizado. Inclusão social por meio de cooperativas e associações (GONÇALVES et al., 2018).</p>
<b>Organização e serviços</b>	<p>Qualquer atividade de tratamento de RSU não só diminui a quantidade total de resíduos gerados, mas também os custos de disposição (GONÇALVES et al., 2018).</p>

Fonte: autoria própria.

### Quadro 18 - Considerações sobre a implementação da opção 6

<b>Níveis</b>	<b>Opção 6 - Incineração e tratamento das cinzas volantes e de fundo resultantes da incineração</b>
<b>População em Geral</b>	<p>Sistemas de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos - GIRS eficientes, que incluem a incineração como forma de combustão controlada, com o objetivo de diminuir a quantidade e periculosidade dos resíduos finais a serem destinados para a disposição de forma adequada socioeconômica e ambientalmente, requerem gestão profissional, suportadas por uma população informada e legislações e políticas apropriadas (ANDRADE e COLTRO, 2005).</p>
<b>Trabalhadores</b>	<p>Não foram encontradas evidências que abordaram as estratégias para o enfrentamento das barreiras identificadas sobre os trabalhadores.</p>

<p><b>Organização e serviços</b></p>	<p>Um sistema abrangente de avaliação ambiental e de saúde deve ser desenvolvido para o gerenciamento e descarte eficaz e eficiente de cinzas volantes. Sugestões foram feitas para lidar com o descarte de cinzas volantes através da implementação de regulamentos fortes para evitar a poluição secundária. (THAKUR e RAMESH, 2015).</p> <p>Podem ser utilizados investimentos privados voltados à redução do volume de RSU e da geração de energia, para a incineração (GONÇALVES et al., 2018).</p> <p>Sistema de Informação Geográfica (SIG) e Processo Analítico Hierárquico (AHP) foram usados para a determinação do local para a instalação de uma usina de incineração, que deve atender às exigências governamentais e ao <i>triple bottom line</i> (formado pelos pilares econômico, ambiental e social), onde existem diversos critérios para avaliação dos locais candidatos (MELARÉ et al., 2016).</p>
--------------------------------------	--

Fonte: autoria própria.

### Quadro 19 - Considerações sobre a implementação da opção 7

Níveis	Opção 7 - Tratamento dos Resíduos Sólidos dos Serviços de Saúde
<p><b>População em Geral</b></p>	<p>Mesmo onde os padrões internacionais de gestão dos RSS estão sendo atendidos, melhorias ainda são possíveis para reduzir o impacto na saúde pública e no meio ambiente. Todas as iniciativas neste ramo devem considerar os riscos para a saúde pública e ocupacional, mas também o impacto no ambiente e a poluição gerada. Fatores como a educação e a saúde da população, podem afetar a gestão dos RSS. Quando os padrões são atendidos nos cuidados de saúde, inclusive para gestão dos RSS, isso leva a riscos reduzidos para a saúde pública e para o meio ambiente, e a busca de novas maneiras de aumentar a eficiência e a sustentabilidade (CANIATO et al., 2015).</p>
<p><b>Trabalhadores</b></p>	<p>Para a segurança dos trabalhadores do manuseio de resíduos que coletam todos os resíduos infecciosos de locais especiais de armazenamento e os transportam para um local restrito, o gerenciamento desses resíduos tornou-se muito importante. Para combater a falta de conscientização das equipes de manuseio de resíduos, enfatiza-se a educação dos trabalhadores (THAKUR e</p>

	<p>RAMESH, 2015).</p> <p>A segregação segura de perfurocortantes é uma prioridade fundamental devido à sua classificação como resíduo altamente perigoso, pois a sua segregação leva a uma redução dramática na taxa de ferimentos por objetos cortantes. São necessários esforços conjuntos para garantir que os bons padrões sejam alcançados. Quando os padrões são atendidos nos cuidados de saúde, inclusive para gestão dos RSS, isso leva a riscos reduzidos para a saúde ocupacional, e a busca de novas maneiras de aumentar a eficiência e a sustentabilidade. No nível da unidade de saúde, todo o pessoal deve estar envolvido, e os programas de treinamento geralmente alcançam resultados muito positivos (CANIATO et al., 2015).</p>
<p><b>Organização e serviços</b></p>	<p>O desenvolvimento de planos, políticas e protocolos adequados para o tratamento de resíduos dos serviços de saúde inibem o processamento inadequado desses resíduos. As autoridades hospitalares devem formular políticas de descarte e fazer uma estimativa dos recursos e equipamentos que seriam necessários para o período considerado. A chave para a redução de riscos relacionados aos resíduos dos serviços de saúde foi o desenvolvimento e implementação de um sistema integrado de gestão de resíduos e alocação adequada de recursos. A avaliação de várias alternativas de tratamento térmico depende muito da seleção e ponderação de critérios, o que normalmente é negligenciado pelos formuladores de políticas (THAKUR e RAMESH, 2015).</p> <p>O desenvolvimento de uma regulamentação nova e mais rigorosa aumenta o interesse em encontrar soluções alternativas. Uma unidade de saúde pode ser inspirada por abordagens bastante simples e de baixo custo para melhorar a gestão dos resíduos dos serviços de saúde, começando pela conscientização, educação e envolvimento. Uma abordagem sistêmica é sempre sugerida, visando a integração de diferentes ferramentas e ações, como o desenvolvimento de políticas ou procedimentos, fornecimento de material especificamente dedicado à gestão dos RSS (por exemplo, com código de cores), pôsteres e material informativo e programas de treinamento (CANIATO et al., 2015).</p>

Fonte: autoria própria.

**Quadro 20 - Considerações sobre a implementação da opção 8**

<b>Níveis</b>	<b>Opção 8 - Implementar a Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (GIRS)</b>
<b>População em Geral</b>	<p>A aceitação pública desempenha um papel importante em influenciar a eficácia de qualquer esquema de gestão de RSU e seu bom funcionamento. É importante que o público seja munido de informação suficiente para ser capaz de acessar e avaliar todas as informações básicas e impactos negativos e positivos (MA e HIPEL, 2016).</p> <p>A Gestão Integrada de Resíduos Sólidos é um sistema de suporte multifacetado que requer conhecer não apenas os elementos econômicos, mas os padrões comunitários e numerosos ecologicamente corretos e os efeitos tóxicos duradouros sobre os seres humanos e a natureza (VARJANI et al., 2021).</p>
<b>Trabalhadores</b>	<p>Políticas adequadas de gestão de RSU também são consideradas como soluções, que podem promover coleta, processamento mais seguro e mais restrições às emissões de substâncias perigosas (MA e HIPEL, 2016).</p> <p>Em relação ao processo de integração, isso pode ocorrer por meio de capacitação profissional, bem como pela legalização do trabalho desses catadores, o que leva a um aumento na quantidade de resíduos recicláveis coletados e, conseqüentemente, facilita as etapas de tratamento e disposição final. Nesse sentido, são gerados ganhos econômicos, ambientais e sociais (GONÇALVES et al., 2018).</p>
<b>Organização e serviços</b>	<p>Uma nova tendência para a gestão de RSU é estabelecer um sistema que envolve todas as partes interessadas, incluindo o governo, o setor privado, organizações não governamentais e o setor informal, bem como compartilhar responsabilidades de gestão de RSU entre eles. Uma vez que informações adequadas é o pré-requisito para a eficácia dessa integração, "a comunicação deve atingir padrões elevados em um esforço para contribuir à maximização de um consenso público" (MA e HIPEL, 2016).</p> <p>A descentralização dos serviços de gestão de RSU, juntamente com definições claras de papéis e responsabilidades para os setores público e privado, em cooperação com a população, é apontada como uma medida necessária para a criação de gestão de RSU eficientes. Essa descentralização pode favorecer o sistema de gestão à medida que passa a considerar as características típicas de cada localidade ao longo do planejamento do sistema</p>

	de gestão (GONÇALVES et al., 2018).
--	-------------------------------------

Fonte: autoria própria.

### Quadro 21 - Considerações sobre a implementação da opção 9

Níveis	Opção 9 - Dispor os Resíduos em Aterros Sanitários
<b>População em Geral</b>	Para garantir a participação de todos os setores, são recomendados incentivos à descentralização das etapas de gestão a partir da definição de responsabilidades entre iniciativa privada, poder público e população (GONÇALVES et al., 2018).
<b>Trabalhadores</b>	Não foram encontradas evidências que abordaram as estratégias para o enfrentamento das barreiras identificadas sobre os trabalhadores.
<b>Organização e serviços</b>	<p>Os desafios enfrentados para a Gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos podem ser resolvidos com a participação mais ativa da população, do governo e do setor privado. Os autores sugerem a implementação de uma cobrança pela geração de resíduos, pois, desta forma, seria possível recuperar os custos da gestão dos RSU e aumentar o apoio financeiro às instalações de eliminação de resíduos (GONÇALVES et al., 2018).</p> <p>Práticas de redução de geração, separação na fonte, reciclagem e compostagem são ferramentas importantes para diminuir o volume de RSU destinado a aterros e, por sua vez, incentivar apenas o envio de material rejeitado para esses depósitos. Essa redução no volume de resíduos encaminhados para disposição final é extremamente importante para aumentar a vida útil dos aterros e reduzir tanto novas áreas de disposição quanto investimentos (GONÇALVES et al., 2018).</p> <p>Um modelo de programação linear inteira mista foi aplicado no planejamento da gestão de resíduos de longo prazo, que busca minimizar o custo de seleção de expansão e destinação adequada de resíduos para prolongar a vida útil do aterro. Métodos matemáticos e Análise de Decisão Multicritério (MCDA) são amplamente utilizados na tomada de decisão para determinar locais para aterros (MELARÉ et al., 2016).</p>

Fonte: autoria própria.

**Quadro 22 - Considerações sobre a implementação da opção 10**

Níveis	Opção 10 - Biodegradação de Plásticos
<b>População em Geral</b>	Não foram encontradas evidências que abordaram as estratégias para o enfrentamento das barreiras identificadas sobre a população.
<b>Trabalhadores</b>	Não foram encontradas evidências que abordaram as estratégias para o enfrentamento das barreiras identificadas sobre os trabalhadores.
<b>Organização e serviços</b>	Não foram encontradas evidências que abordaram as estratégias para o enfrentamento das barreiras identificadas sobre a organização e serviços.

Fonte: autoria própria.

**Quadro 23 - Considerações sobre a implementação da opção 11**

Níveis	Opção 11 - Reutilizar os resíduos sólidos como agregados de asfalto
<b>População em Geral</b>	<p>É necessário que o usuário conheça e visualize as vantagens da utilização desta tecnologia como palpáveis, com potencial para impactar o seu dia a dia. O conhecimento do estado funcional e estrutural das vias permite a intervenção nas suas características, visando a ampliação de sua vida útil, a determinação do grau de deterioração da via e a garantia do conforto do usuário quanto ao rolamento e a condição da superfície (SILVA e PIMENTEL, 2021).</p> <p>Um dos objetivos fundamentais do pavimento sustentável é a reutilização de agregados por meio da reciclagem de diferentes materiais. O uso de pavimentos asfálticos reciclados como matéria-prima elimina a necessidade de extração de matéria-prima básica e despejo de asfalto. Estudos mostraram que o uso de resíduos como substituição de agregados melhorou a resistência ao sulco das misturas asfálticas sob temperaturas extremamente altas. Geralmente, a incorporação de materiais residuais como asfalto reciclado, concreto reciclado, escória de aço, clínquer de óleo de palma, plástico residual e borracha triturada como substituto do agregado melhora a resistência às trincas por fadiga e prolonga a vida útil das misturas. Além de reduzir o uso de recursos naturais, a incorporação de resíduos como</p>

	<p>substitutos de agregados nas misturas de asfalto de matriz de pedra melhorou o desempenho de sulcos e fadiga das misturas de asfalto de matriz de pedra (BABALGHAITH et al., 2022).</p>
<b>Trabalhadores</b>	<p>O aproveitamento de resíduos classe A (construção civil) na pavimentação é a forma mais fácil e antiga de reciclagem no Brasil. As suas vantagens são: menor uso de tecnologia e custos de processo; aproveitamento de todos os componentes minerais do entulho; maior aproveitamento do entulho produzido. A mudança de material requer uma análise aprofundada para garantir que ele seja construído corretamente para a carga. Tendo em vista os fatores ecológicos, econômicos e os próprios benefícios no processo de pavimentação ocasionada pela utilização destes resíduos sólidos, torna-se muito importante que os profissionais da área passem a atuar de forma mais efetiva junto a essas tecnologias (SILVA e PIMENTEL, 2021).</p>
<b>Organização e serviços</b>	<p>A construção de rodovias no Brasil passa por diversas dificuldades, como o alto custo na execução das obras e a alta taxa de deterioração das estradas, em função do aumento da frota e do excesso de carga transportada nos caminhões. O conhecimento do estado funcional e estrutural das vias permite a intervenção nas suas características, visando ampliação de sua vida útil, possibilitando assim, melhorias na malha rodoviária e reduzindo seus custos com as reconstruções. Além disso, o aproveitamento dos resíduos pode apresentar diversos benefícios técnicos, econômicos, energéticos e, é claro, ambientais, como redução do volume de extração de matéria-prima, conservação de matéria-prima não renovável, redução do consumo de energia e menor emissão de poluentes, como o CO<sub>2</sub>. Com a utilização de borrachas de pneus em cimento asfáltico, por exemplo, pode-se reduzir o consumo de materiais para a construção de uma superfície reciclada (SILVA e PIMENTEL, 2021).</p>

Fonte: autoria própria.

#### Quadro 24 - Considerações sobre a implementação da opção 12

<b>Níveis</b>	<b>Opção 12 - Incentivar a participação de grupos de interesse (stakeholders) no processo de tomada de decisão sobre a gestão de resíduos sólidos</b>
<b>População em Geral</b>	A conscientização pública, a participação pública e a inovação técnica

	<p>também podem contribuir para a redução da contaminação por RSU. Além disso, populações vulneráveis, de baixa renda, podem vivenciar a injustiça ambiental, que significa colocar uma carga de resíduos desproporcional sobre os pobres, sobre locais de resíduos sólidos urbanos e despejando resíduos perigosos em comunidades pobres. Tal desigualdade fez com que os ricos vivessem em um ambiente limpo e saudável, enquanto as áreas pobres forneciam lixões para o lixo da cidade e estavam expostas à poluição elevada. Como a principal causa desse fenômeno são as vantagens políticas e econômicas das comunidades de alta renda, as soluções potenciais sugeridas destacam a importância da participação e da educação pública. O conhecimento público é um fator chave que afeta a conscientização pública sobre o porquê, o quê e como implementar um sistema de gestão de RSU. Consciência pública, atitude pública e comportamento público sustentável podem ser promovidos melhorando a conveniência, educação, regulamentos, incentivos econômicos e envolvimento público na tomada de decisões (MA e HIPEL, 2016).</p>
<p><b>Trabalhadores</b></p>	<p>Há muito espaço para os profissionais de gestão de resíduos explorarem e aplicarem métodos de comunicação contemporâneos que sejam interativos e envolventes e, mais importante, co-projetados com o público-alvo (SEWAK et al., 2021).</p>
<p><b>Organização e serviços</b></p>	<p>Como as vantagens políticas e econômicas das comunidades de alta renda podem gerar um quadro de injustiça ambiental, vivenciada pelas populações vulneráveis, as soluções potenciais sugeridas destacam também a governança descentralizada. A educação pública é um compromisso de longo prazo para os governos presentes e futuros para criar uma forte consciência ambiental entre todos os stakeholders (MA e HIPEL, 2016).</p> <p>Consultas e parcerias com autoridades locais, líderes de conselhos e organizações comunitárias são benéficas durante a fase de desenvolvimento do programa, pois os parceiros também podem agregar valor aumentando a participação do público-alvo (SEWAK et al., 2021).</p> <p>É necessária uma abordagem integrada dos serviços oferecidos pelo sistema, considerando os papéis dos três stakeholders: iniciativa privada, poder público e população (GONÇALVES et al., 2018).</p>

Fonte: autoria própria.

**Quadro 25 - Considerações sobre a implementação da opção 13**

<b>Níveis</b>	<b>Opção 13 - Utilizar softwares como ferramentas para a gestão dos resíduos sólidos</b>
<b>População em Geral</b>	<p>Se desenvolvida com responsabilidade, a Inteligência Artificial tem a capacidade de melhorar o bem-estar e fornecer benefícios às comunidades (ANDEOBU et al., 2022).</p> <p>Uso de SIG (Sistema de Informações Geográficas) e do método de programação multiobjetivo linear inteiro misto para definir locais para a instalação de Ecoponto e suas capacidades de armazenamento, que é constituído por compartimentos para recolha seletiva, e destina-se à reciclagem. A proposta visa manter o equilíbrio entre o número de compartimentos, a população total e sua distribuição em áreas urbanas, de forma que o menor número de compartimentos possa atender o maior número de pessoas. Este equilíbrio visa reduzir o custo de investimento e minimizar a distância entre a população e os compartimentos (MELARÉ et al., 2016).</p>
<b>Trabalhadores</b>	<p>Essas ferramentas têm a capacidade de otimizar as atividades desenvolvidas pelos trabalhadores e o tempo gasto e minimizar os erros, quando da adoção do método de Aprendizado de Máquina para realizar a alimentação precisa de combustível auxiliar de incineração e ar com base nos indicadores que podem ser medidos diretamente on-line, como taxa de alimentação de resíduos, teor de água residual, temperatura de incineração e teor de oxigênio de saída do forno, ou prever o depósito de cinzas do incinerador de acordo com o volume de entrada de ar, teor de oxigênio e concentração de gás ácido do gás de combustão e temperatura de incineração. Desta forma, a frequência de limpeza de cinzas do incinerador pode ser otimizada. Assim também, os parâmetros de operação das instalações de tratamento de lixiviados podem ser ajustados no tempo de acordo com a composição de lixiviado prevista para otimizar o efeito do tratamento e aliviar ainda mais o risco de poluição do lixiviado (GUO et al., 2021). Com a adoção de tecnologias de Inteligência Artificial, os métodos tradicionais de reciclagem e processos de decomposição tornaram-se mais simplificados e praticáveis. Vários estudos examinaram técnicas de classificação automatizada para aumentar a eficiência geral do processo de Gestão dos Resíduos Sólidos. A maioria desses estudos se concentrou na classificação de materiais de resíduos sólidos utilizados em sistemas de triagem que eliminam a segregação manual de resíduos. Da mesma forma, a automatização do processo de classificação de lixo usando Redes Neurais Artificiais aprimorou a triagem de resíduos e o tempo de classificação, em comparação com a triagem manual (ANDEOBU et al., 2022).</p>

## **Organização e serviços**

Vários estudos aplicaram modelos de Inteligência Artificial (IA) no planejamento de gestão de resíduos, que inclui otimizar os custos de gestão e todas as fases do processo da gestão dos resíduos sólidos. Os aplicativos de IA podem aprender com os dados e produzir resultados quase em tempo real, analisando novas informações de várias fontes e adaptando-se de acordo com um nível de precisão que é inestimável para governos. Com a adoção do método de Aprendizado de Máquina para realizar a alimentação precisa de combustível auxiliar de incineração e ar com base nos indicadores que podem ser medidos diretamente on-line, como taxa de alimentação de resíduos, teor de água residual, temperatura de incineração e teor de oxigênio de saída do forno, ou prever o depósito de cinzas do incinerador de acordo com o volume de entrada de ar, teor de oxigênio e concentração de gás ácido do gás de combustão e temperatura de incineração, o custo operacional da planta de incineração pode ser reduzido. (ANDEOBU et al., 2022).

O uso do Processo Analítico Hierárquico (AHP) para classificar os hospitais com base na menor carga de poluição ao descartar os RSS, e enfatizou a melhoria das técnicas de gestão em vez das instalações de construção (THAKUR e RAMESH, 2015).

Uso do SIG (Sistema de Informações Geográficas) para auxiliar o processo de tomada de decisão da gestão e planejamento municipal, possibilitando uma abordagem integrada dos serviços executados, e abrangendo diversos temas como gestão de resíduos sólidos, mobilização de recursos financeiros, infraestrutura e gestão de serviços públicos e transparência de informações, entre outros. O SIG pode ser utilizado como uma ferramenta importante no planejamento, gestão estratégica, integração e prestação de contas de serviços públicos. Com base na teoria dos jogos, pode-se realizar uma análise do processo logístico envolvido na coleta de resíduos, que visa manter o equilíbrio dos interesses envolvidos (governo, população e empresas operadoras. O interesse do governo também está relacionado à reciclagem e à geração de incentivos e impostos que possam ser repassados à população. Além disso, a teoria dos jogos e o equilíbrio de Nash foram usados para pesar e determinar os níveis satisfatórios de incentivos e taxas, que estão diretamente relacionados aos lucros dos fabricantes e recicladores. Um modelo de regressão linear simples foi adotado para prever o movimento nos valores de recicláveis. Métodos matemáticos e Análise de Decisão Multicritério (MCDA) são amplamente utilizados na tomada de decisão para determinar locais para instalações de transformação (reciclagem, incineração e compostagem) (MELARÉ et al., 2016).

Fonte: autoria própria.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMIN, A.; CHOUMERT-NKOLO, J.; COMBES, J.-L.; COMBES MOTEL, P.; KÉRÉ, E. N.; ONGONO-OLINGA, J.-G.; SCHWARTZ, S. **Neighborhood effects in the Brazilian Amazônia: Protected áreas and deforestation.** *Journal of Environmental Economics and Management*, 39 (2019) 272-288, 2019.

ANDEOBU, L.; WIBOWO, S., GRANDHI, S. **Artificial intelligence applications for sustainable solid waste management practices in Australia: A systematic review.** *Science of the Total Environment*, Vol. 834, 155389, 2022.

ANDRADE, J. P. B. O.; COLTRO, L. **Incineração de Resíduos.** *Boletim de Tecnologia e Desenvolvimento de Embalagens. Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL)*. Vol. 17, nº1, 2005.

BABALGHAITH, A. M.; KOTING, S.; SULONG, N. H. R.; KHAN, M. Z. H.; MILAD, A.; YUSOFF, N. I. M.; IBRAHIM, M. R.; MOHAMED, A. H. B. N. **A systematic review of the utilization of waste materials as aggregate replacement in stone matrix asphalt mixes.** *Environmental Science and Pollution Research*, Vol. 29, 35557–35582, 2022.

CANIATO, M.; TUDOR, T.; VACCARI, M. **International governance structures for health-care waste management: A systematic review of scientific literature.** *Journal of Environmental Management*, Vol. 153, 93-107, 2015.

F-GONZÁLEZ, J. M.; D-LÓPEZ, C.; M-PASCUAL, J.; ZAMORANO, M. **Recycling Organic Fraction of Municipal Solid Waste: Systematic Literature Review and Bibliometric Analysis of Research Trends.** *Sustainability*, Vol. 12, 4798, 2020.

GONÇALVES, A. T. T.; MORAES, F. T. F.; MARQUES, G. L.; LIMA, J. P.; LIMA, R. da S. **Urban solid waste challenges in the BRICS countries: a systematic literature review.** *Revista Ambiente e Água – Na Interdisciplinary Journal of Applied Science*, Vol. 13 n. 2, e2157, 2018.

GUO, H.-n.; WU, S.-b; TIAN, Y.-j; ZHANG, J.; LIU, H.-t. **Application of machine learning methods for the prediction of organic solid waste treatment and recycling processes: A review.** *Bioresource Technology* 319, 124114, 2021.

ILYAS, M.; AHMAD, W.; KHAN, H.; YOUSAF, S.; KHAN, K.; NAZIR, S. **Plastic waste as a significant threat to environment – a systematic literature review.** *Reviews on Environmental Health*, Vol. 33(4), 383–406, 2018.

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **O que é? Amazônia Legal.** *Revista Desafios do Desenvolvimento*. Ano 5, Edição 44, 2008. Disponível em: [http://www.ipea.gov.br/desafios/index.php?option=com\\_content&id=2154:catid=28&Itemid](http://www.ipea.gov.br/desafios/index.php?option=com_content&id=2154:catid=28&Itemid). Acesso em: 07/01/2020.

KAMAREHIE, B.; JAFARI, A.; GHADERPOORI, M.; AZIMI, F.; FARIDAN, M.; SHARAFI, K.; AHMADI, F.; KARAMI, M. A. **Qualitative and quantitative analysis of municipal solid waste in Iran for implementation of best waste management practice: a systematic review and meta-analysis.** *Environmental Science and Pollution Research*, Vol. 27, 37514–37526 (2020).

LAVIS, J. N.; OXMAN, A. D.; LEWIN, S.; FRETHEIM, A. SUPPORT Tools for evidence-informed health Policymaking (STP). **Introduction.** *Health Research Policy and Systems* 2009a; 7(Suppl 1):I1

MA, J.; HIPEL, K. W. **Exploring social dimensions of municipal solid waste management around the globe – A systematic literature review.** *Waste Management*, Vol. 56, 3–12, 2016.

MATHIAS, J. F. C. M. **Biogás Em Propriedades Rurais Familiares: uma Opção de Desenvolvimento Local Sustentável**. 10º Congresso Brasileiro de Sistemas, Ribeirão Preto/SP, 2014.

MELARÉ, A. V. de SOUZA; GONZÁLIZ, S. M.; FACELI, K.; CASADEI, V. **Technologies and decision support systems to aid solid-waste management: a systematic review**. Waste Management 59 (2017) 567-584, 2016.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Boletim Epidemiológico**. Volume 53, Nº 24, Jun. 2022.

MORRIS, J.; MATTHEWS, H. S.; MORAWSKI, C. **Review and meta-analysis of 82 studies on end-of-life management methods for source separated organics**. Waste Management 33, 545–551, 2013.

MULYA, K. S.; ZHOU, J.; PHUANG, Z. X.; LANER, D.; WOON, K. S. **A systematic review of life cycle assessment of solid waste management: Methodological trends and prospects**. Science of the Total Environment, Vol. 831, 154903, 2022.

PAES, L. A. B.; BEZERRA, B. S.; DEUS, R. M.; JUGEND, D.; BATTISTELLE, R. A. G. **Organic solid waste management in a circular economy perspective e A systematic review and SWOT analysis**. Journal of Cleaner Production, Vol. 239, 118086, 2019.

R-TORRES, M.; O-OCAÑA, E.R.; DOMINGUES, I.; KIMILIS, D.; SÁNCHEZ, A. **A systematic review on the composting of green waste: Feedstock quality and optimization strategies**. Waste Management 77, 486–499, 2018.

SEWAK, A.; KIM, J.; R.-THIELE, S.; DESHPANDE, S. **Influencing household-level waste-sorting and composting behaviour: What works? A systematic review (1995–2020) of waste management interventions**. Waste Management & Research, Vol. 39(7), 892–909, 2021.

SILVA, J. S. da e PIMENTEL, M. G. R. F. **Uso de resíduos na pavimentação rodoviária**. Research, Society and Development, Vol. 10, n. 14, 2021.

SILVEIRA, R. P. **Conhecimento em resíduos sólidos e coleta seletiva na era da reutilização e da reciclagem: o ex-lixo como pilar de uma sociedade mais inclusiva e menos insustentável**. Monografia (Graduação) Universidade de Brasília, Departamento de Geografia, 133 p., Brasília, 2014.

SHEA, B. J.; REEVES, B. C.; WELLS, G.; THUKU, M.; HAMEL, C.; MORAN, J.; MOHER, D.; TUGWELL, P.; WELCH, V.; KRISTJANSSON, E.; HENRY, D. A. **AMSTAR 2: a critical appraisal tool for systematic reviews that include randomised or non-randomised studies of healthcare interventions, or both**. Research Methods & Reporting. BMJ 358 : J4008, 2017.

SIQUEIRA, M. M.; MORAES, M. S. **Saúde coletiva, resíduos sólidos urbanos e os catadores de lixo**. Ciência & Saúde Coletiva. 14(6): 2115-2122. 2009.

THAKUR, V.; RAMESH, A. **Healthcare waste management research: A structured analysis and review (2005–2014)**. Waste Management & Research, Vol. 33(10), 855-870, 2015.

VARJANI, S.; SHAH, A. V.; VYAS, S.; SRIVASTAVA, V. K. **Processes and prospects on valorizing solid waste for the production of valuable products employing bio-routes: A systematic review**. Chemosphere 282, 130954, 2021.

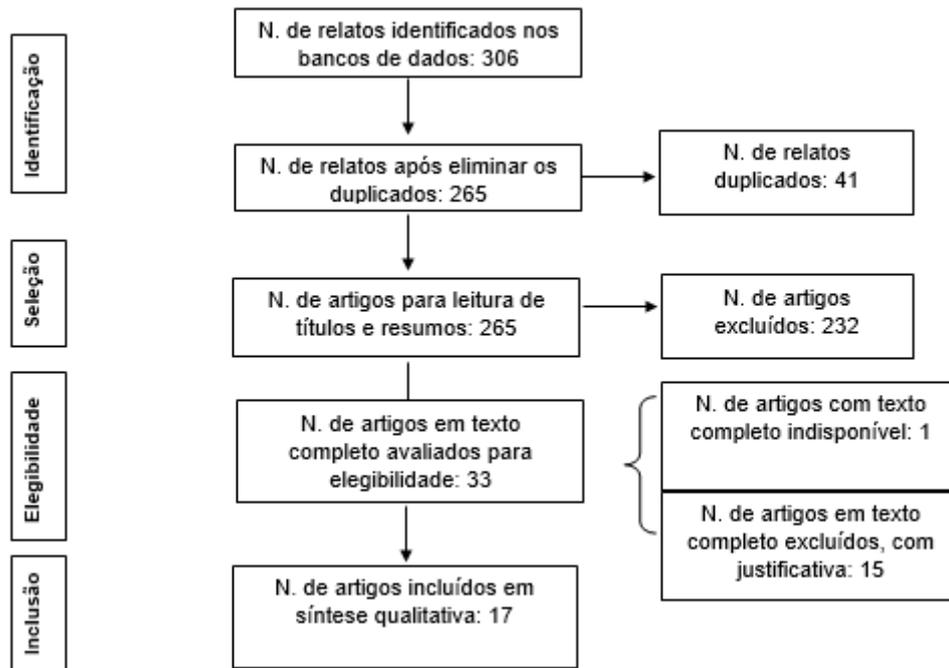
## APÊNDICES

### APÊNDICE A – RELATO DO PROCESSO DE BUSCA

Base de dados	Estratégia de busca	Data
PubMed	((("Waste") OR ("Solid Waste") OR ("Solid Wastes") OR ("Solid-waste") OR ("Solid-Wastes") OR ("waste-collection")) AND (("Disposals") OR ("Disposal")) AND (("Technology") OR ("Technologies") OR ("recycling") OR ("management")))  Filtro: Revisões Sistemáticas	01/08/2022
Epistemonikos	((("Waste") OR ("Solid Waste") OR ("Solid Wastes") OR ("Solid-waste") OR ("Solid-Wastes") OR ("waste-collection")) AND (("Disposals") OR ("Disposal")) AND (("Technology") OR ("Technologies") OR ("recycling") OR ("management")))  Filtro: Revisões Sistemáticas	01/08/2022
Health Systems Evidence	((("Waste") OR ("Solid Waste") OR ("Solid Wastes") OR ("Solid-waste") OR ("Solid-Wastes") OR ("waste-collection")) AND (("Disposals") OR ("Disposal")) AND (("Technology") OR ("Technologies") OR ("recycling") OR ("management")))	01/08/2022
Social Systems Evidence	((("Waste") OR ("Solid Waste") OR ("Solid Wastes") OR ("Solid-waste") OR ("Solid-Wastes") OR ("waste-collection")) AND (("Disposals") OR ("Disposal")) AND (("Technology") OR ("Technologies") OR ("recycling") OR ("management")))  Filtros: Systematic reviews of effects; Systematic reviews addressing other questions; Systematic reviews in progress; Systematic reviews being planned	01/08/2022
3IE (International Initiative for Impact Evaluation)	((("Waste") OR ("Solid Waste") OR ("Solid Wastes") OR ("Solid-waste") OR ("Solid-Wastes") OR ("waste-collection")) AND (("Disposals") OR ("Disposal")) AND (("Technology") OR ("Technologies") OR ("recycling") OR ("management")))  Filtro: Revisões Sistemáticas	01/08/2022

Fonte: Autoria própria.

## APÊNDICE B – FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE INCLUSÃO DOS ESTUDOS



Fonte: Autoria própria.

## APÊNDICE C – RAZÕES PARA EXCLUSÃO DE ESTUDOS

Autor e ano	Estudo	Motivo da Exclusão
Sumana Jagadeshi Raghu ; Lewlyn L.R. Rodrigues. Ano: 2020	Behavioral aspects of solid waste management: A systematic review	O estudo trouxe modelos do Comportamento da Gestão dos Resíduos Sólidos (Solid Waste Management Behavior) que estabelecem ligações entre a Gestão dos Resíduos Sólidos e modelos psicológicos, como ferramentas preditivas para examinar o comportamento humano a respeito das variáveis relacionadas aos resíduos sólidos. Desta maneira, a revisão sistemática foi excluída por não se relacionar com a questão de pesquisa.
Linwei Du, He Xu, Jian Zuo, 2021	Status quo of illegal dumping research: Way forward	O estudo apresentou os fatores que podem influenciar o comportamento do despejo ilegal: fatores pessoais, condições naturais, fatores sociais e outros. Reconheceu os esforços empenhados no amplo estudo da área, analisou a situação atual e as tendências futuras das pesquisas relacionadas, incluindo as perspectivas da ciência ambiental e toxicologia, economia, gestão e uso de tecnologias emergentes. Sendo assim, o objeto do estudo não dialogou com a questão de pesquisa.
Teshiwal Deress Yazie, Mekonnen Girma Tebeje and Kasaw Adane Chufa, 2019	Healthcare waste management current status and potential challenges in Ethiopia: a systematic review	O estudo avaliou a prática da gestão dos resíduos sólidos e os potenciais desafios na Etiópia. Como a gestão foi identificada como ruim, o estudo não trouxe opções de tecnologias para lidar com os desafios vivenciados em relação à destinação dos resíduos sólidos e, portanto, não tem relação com a questão de pesquisa.

<p>Bayhakki and Ari Pristiana Dewi, 2020</p>	<p>Experiences in Dealing with Medical Waste: A Meta-synthesis</p>	<p>O estudo teve como objetivo analisar e sintetizar os achados de pesquisas qualitativas existentes relacionadas às experiências da equipe de saúde no tratamento de resíduos hospitalares. Afirma também que todas as partes, tanto a gestão dos serviços de saúde, quanto a equipe de saúde, os trabalhadores da limpeza e a comunidade, devem trabalhar juntos na superação desses obstáculos para criar uma melhor gestão de resíduos hospitalares para que os resíduos hospitalares não causem problemas para os profissionais de saúde e a comunidade. Desse modo, por se tratar principalmente da preocupação com as práticas organizacionais, não se relaciona com a questão de pesquisa.</p>
<p>Michael O. Harhay, Scott D. Halpern, Jason S. Harhay and Piero L. Olliaro, 2009</p>	<p>Health care waste management: a neglected and growing public health problem worldwide</p>	<p>O estudo teve o objetivo de divulgar um inventário relacionado às práticas e desafios de gerenciamento de resíduos de serviços de saúde em 40 países de baixa e média renda em todo o mundo, trazendo as principais lacunas, falhas e temas frequentemente relatados por região geográfica. Sendo assim, não se relaciona com a questão de pesquisa, que visa buscar opções de tecnologias para o gerenciamento dos resíduos sólidos.</p>
<p>Ali ASHTARI, Jafar SADEGH TABRIZI, Ramin REZAPOUR, Mohammad RASHIDIAN MALEKI, Saber AZAMI- AGHDASH, 2020</p>	<p>Health Care Waste Management Improvement Interventions Specifications and Results: A Systematic Review and MetaAnalysis</p>	<p>O estudo teve como objetivo revisar sistematicamente e meta-análise das características e resultados das intervenções no campo da Gestão dos Resíduos de Serviços de Saúde, porém as intervenções foram apresentadas de modo superficial e genérico, de modo que não se pode correlacionar diretamente os impactos medidos com uma intervenção específica. Sendo assim, por constar nos critérios de exclusão os artigos que tratem da gestão de</p>

		resíduos de maneira muito ampla, bem como que não tragam as opções para o enfrentamento dos problemas para a destinação de resíduos, conforme a pergunta de pesquisa, deveriam ser excluídos.
Ramkrishna Mondal, Siddharth Mishra, Jawahar S. K. Pillai, Mukunda C. Sahoo, 2022	COVID 19 Pandemic and biomedical waste management practices in healthcare system	Esta revisão identificou os impactos da pandemia do COVID-19 na gestão de resíduos biomédicos e trouxe recomendações para adequação dos sistemas de Gestão de Resíduos direcionadas especificamente para o contexto da Pandemia, portanto, não dialoga com a questão de pesquisa do presente estudo.
Lynda Andeobu, Santoso Wibowo and Srimannarayana Grandhi, 2022	Medical Waste from COVID-19 Pandemic—A Systematic Review of Management and Environmental Impacts in Australia	Este estudo analisou a situação atual do COVID-19 na Austrália, o gerenciamento e descarte de resíduos do COVID-19 e os impactos diretos e indiretos da pandemia na saúde pública e no meio ambiente, não dialogando, portanto, com a questão de pesquisa do presente estudo.
Peter Beigl, Sandra Lebersorger, Stefan Salhofer, 2008	Modelling municipal solid waste generation: A review	O objetivo deste artigo foi revisar modelos previamente publicados de geração de resíduos sólidos urbanos (RSU), além de propor uma diretriz de implementação para proporcionar um compromisso entre o ganho de informações e o desenvolvimento de modelos eficientes em termos de custo. Como a pergunta de pesquisa do presente estudo é voltada para as tecnologias de destinação final, a geração de resíduos não é objeto de estudo.
Nicolas Martin, Madison Sheppard, GaneshParth Gorasia, Pranav Arora,	Awareness and barriers to sustainability in dentistry: A scoping review	O objetivo do estudo é abordar o estado atual da sustentabilidade ambiental na prática odontológica geral, não trazendo, portanto,

Matthew Cooper e Steven Mulligan, 2021		tecnologias de destinação final, conforme questão de pesquisa.
Magnus Bergquist, Andreas Nilsson, Wesley P. Schultz, 2019	A meta-analysis of field-experiments using social norms to promote proenvironmental behaviors	O estudo tem como meta a avaliação do tamanho do efeito geral das normas sociais em experimentos de campo sobre a promoção de comportamentos pró-ambientais, sendo que dos comportamentos avaliados, os que são relacionados com a Gestão dos Resíduos Sólidos são: prevenção de lixo e uso reduzido de papel e plástico. Além disso, cabe ressaltar as normas sociais podem ser descritas como uma ferramenta de navegação social utilizada na tomada de decisões, orientando os indivíduos a agir de forma socialmente adequada. Por estes motivos, o estudo não se relaciona com a questão de pesquisa que visa buscar opções de tecnologias para o enfrentamento dos problemas relacionados aos resíduos sólidos.
Sk Ajim Ali and Farhana Parvin, 2022	Examining challenges and multi-strategic approaches in waste management during the COVID-19 pandemic: A systematic review	O objetivo do estudo foi examinar os desafios e as abordagens multiestratégicas do gerenciamento de resíduos sólidos durante a pandemia de COVID 19, a fim de apresentar um esboço de pesquisa para perspectivas futuras. Os resultados desta análise tornam-se uma fonte relevante para quem busca a gestão dos resíduos sistemática no atual período de pandemia, não dialogando, portanto, com a questão de pesquisa do presente estudo.

<p>Milica Paut Kusturica, Ana Tomas, and Ana Sabo, 2016.</p>	<p>Disposal of Unused Drugs: Knowledge and Behavior Among People Around the World</p>	<p>O objetivo desta revisão sistemática foi determinar a prática de descarte de medicamentos em todo o mundo e obter informações sobre a possível associação entre a consciência ambiental e o comportamento das pessoas em relação a essa questão. Foi constatado que o público em geral ainda não tem conhecimento sobre o descarte adequado de medicamentos não utilizados e o risco ambiental associado ao descarte inadequado de medicamentos. Sendo assim, esta revisão sistemática não se relaciona com a questão de pesquisa do presente estudo.</p>
<p>Saraswathy Kasavan, Rusinah Siron, Sumiani Yusoff, Mohd Fadhli Rahmat Faki, 2022</p>	<p>Drivers of food waste generation and best practice towards sustainable food waste management in the hotel sector: a systematic review</p>	<p>O objetivo do estudo foi revisar sistematicamente as razões por trás dos resíduos de comida nas diferentes áreas de operação do hotel e sugerir práticas em relação à Gestão Sustentável dos Resíduos de Comida no sistema hoteleiro. Sendo assim, não dialoga com a pergunta de pesquisa e com o objeto do presente estudo.</p>
<p>Tamás Bányai, Péter Tamás, Béla Illés, Živilė Stankevičiūtė e Ágota Bányai, 2019</p>	<p>Optimization of Municipal Waste Collection Routing: Impact of Industry 4.0 Technologies on Environmental Awareness and Sustainability</p>	<p>No âmbito deste artigo, os autores descrevem as possibilidades de aplicação das tecnologias da Indústria 4.0 em soluções de coleta de resíduos e o potencial de otimização em seus processos. Desse modo, como o objeto do presente estudo se atém às tecnologias de destinação final, a coleta de resíduos não faz parte do foco desejado.</p>
<p>Abdolmajid Fadaei, 2022</p>	<p>Comparison of medical waste management methods in different countries: a systematic review</p>	<p>Como a base de dados negou acesso ao artigo completo, o estudo foi excluído.</p>

Fonte: Autoria própria.

## APÊNDICE D – ANÁLISE DE EQUIDADE

***Opção 1*** – Incentivar a compostagem aeróbica doméstica e em pequena escala como uma tecnologia de recuperação de nutrientes, visando o desvio de resíduos da destinação final e a produção de biofertilizantes

***Opção 2*** – Incentivar a realização da vermicompostagem para reduzir a quantidade de resíduo orgânico que chega ao lixão e para produzir biofertilizantes importantes para a fertilidade do solo

Place of Residence: áreas rurais ou menos nobres

Race/ethnicity/culture/language: não

Occupation: não

Gender/sex: não

Religion: não

Education: baixo grau de escolaridade

Socioeconomic status: baixa renda

Social capital: não

Grupos de interesse identificados	Impacto esperado	Estratégia para reduzir ou mitigar iniquidades
Grupos populacionais que moram em locais mais afastados da zona urbana, com status socioeconômico inferior e com baixa escolaridade	Alguns grupos populacionais formados por pessoas que residem em áreas rurais ou menos nobres, onde se produz uma maior quantidade de resíduo orgânico, proveniente de podas e restos de alimentos, e onde se pode utilizar e/ou vender biofertilizantes, e por pessoas que possivelmente apresentam baixo grau de escolaridade podem estar em desvantagem quando não puderem acessar as instruções sobre a correta realização da compostagem ou da vermicompostagem, podendo gerar maus odores durante o processo, infestação de animais ou atração de vetores de doenças como roedores. Além disso, a depender da quantidade de	Para mitigar esses impactos, pode-se desenvolver uma estratégia de marketing que inclua a distribuição gratuita de materiais/ferramentas utilizadas na realização da compostagem e/ou vermicompostagem, ou até mesmo o fornecimento de descontos para a compra desses materiais, bem como a produção de vídeos e cartilhas didáticas e explicativas sobre as instruções de manuseio dos compostos e atitudes a serem adotadas para evitar o aparecimento de animais indesejados, bem como instruções e dicas que promovam as vendas dos biofertilizantes gerados.

	composto (biofertilizante) gerado e da capacidade de venda, os promotores da compostagem e/ou vermicompostagem podem não se sentir motivados a prosseguir com a atividade, por não gerar rentabilidade financeira.	
--	--	--

Fonte: Autoria própria.

### **Opção 3 – Utilizar a digestão anaeróbica para recuperação de energia, com a produção extensiva de biogás e a redução de resíduos enviados para o lixão**

Place of Residence: sim

Race/ethnicity/culture/language: não

Occupation: não

Gender/sex: não

Religion: não

Education: sim

Socioeconomic status: sim

Social capital: não

<b>Grupos de interesse identificados</b>	<b>Impacto esperado</b>	<b>Estratégia para reduzir ou mitigar iniquidades</b>
Grupos populacionais que moram em locais mais afastados da zona urbana, com status socioeconômico inferior e com baixa escolaridade	Alguns grupos populacionais podem se encontrar em desvantagem em relação aos benefícios provenientes da digestão anaeróbica e a consequente produção de biogás, pois a construção e implantação de plantas de biogás em unidades rurais demanda uma quantia razoável de investimentos econômicos que talvez sejam inviáveis para agricultores familiares. Sendo assim, prioritariamente são construídas plantas maiores de biogás, que podem ser alimentadas com dejetos de animais ou outros tipos de resíduos orgânicos, para geração de gás e biofertilizantes.	Para promover a equidade, o estado pode adotar estratégias de incentivos e/ou subsídios financeiros para a aquisição de plantas de biogás em unidades rurais, que serão responsáveis pela produção de biofertilizantes, utilizados no cultivo, e de biogás para serem usados nas próprias fazendas, suprimindo a geração de eletricidade e podendo injetar nas redes de energia o excedente, de modo a promover a independência energética da região (MATHIAS, 2014). Em relação às plantas maiores, poderiam ser ofertados para os donos de propriedades, incentivos fiscais e financeiros para aqueles que disponibilizassem

	<p>Por exigirem investimentos razoáveis, muito provavelmente serão construídas e administradas por empresas privadas ou pelo próprio estado, o que talvez não resultaria em benefícios diretos da utilização do biogás por parte da comunidade.</p>	<p>suas propriedades para a construção de plantas de biogás, bem como o provimento de eletricidade para as atividades internas das propriedades rurais. Além disso, nos casos das plantas operadas por empresas privadas e/ou administração pública, poderiam ser assumidos compromissos de fornecimento de eletricidade com baixo custo para a parcela da população com poder aquisitivo reduzido, de modo a promover acesso e economia de recursos financeiros.</p>
--	---	---

Fonte: Autoria própria.

#### **Opção 4 – Disseminar os conceitos da Economia Circular e fortalecer a conexão entre eles e a gestão dos resíduos sólidos**

Place of Residence: sim

Race/ethnicity/culture/language: sim

Occupation: não

Gender/sex: não

Religion: não

Education: baixo grau de escolaridade

Socioeconomic status: baixa renda

Social capital: não

<b>Grupos de interesse identificados</b>	<b>Impacto esperado</b>	<b>Estratégia para reduzir ou mitigar iniquidades</b>
<p>Grupos populacionais que moram às margens da sociedade, com cultura da economia linear, com status socioeconômico inferior e com baixa escolaridade</p>	<p>Grupos populacionais que residem às margens da sociedade, com status socioeconômico inferior, com baixa escolaridade, pouco acesso à informação e culturalmente adeptos à economia linear, por naturalmente priorizar a sobrevivência em detrimento da saúde ambiental, possivelmente podem não ser alcançados por</p>	<p>Para promover a equidade diante deste cenário, deve adotar métodos de entrega de informação, por meio de campanhas educativas e de sensibilização; identificar líderes comunitários, formadores de opinião, que podem atuar como defensores do novo modelo; e oferecer compensação econômica pelo descarte adequado de</p>

	incentivos de adesão ao modelo de Economia Circular.	resíduos e a aquisição de produtos remanufaturados.
--	--	---

**Opção 5 – Realizar a Reciclagem de materiais, incentivando a participação pública e também do setor informal**

Place of Residence: sim

Race/ethnicity/culture/language: não

Occupation: sim

Gender/sex: não

Religion: não

Education: baixo grau de escolaridade

Socioeconomic status: baixa renda

Social capital: não

<b>Grupos de interesse identificados</b>	<b>Impacto esperado</b>	<b>Estratégia para reduzir ou mitigar iniquidades</b>
Grupos populacionais formados pelos catadores informais, que normalmente vivem às margens da sociedade, com baixa escolaridade e baixa renda.	Grupos populacionais formados pelos catadores informais, normalmente pouco instruídos, podem não conseguir perceber as vantagens de ser um colaborador em uma ação da administração pública para realizar a reciclagem na localidade.	Para aumentar a equidade, deve-se adotar estratégias de fortalecimento de cooperativas de catadores, campanhas educativas, treinamentos e demais ações que garantam o conhecimento dessas pessoas acerca das vantagens de ser um cooperado, como garantias financeiras e de segurança acerca da ocupação.

**Opção 6 - Incineração e tratamento das cinzas volantes e de fundo resultantes da incineração**

Place of Residence: sim

Race/ethnicity/culture/language: não

Occupation: não

Gender/sex: não

Religion: não

Education: baixo grau de escolaridade

Socioeconomic status: baixa renda

Social capital: não

<b>Grupos de interesse identificados</b>	<b>Impacto esperado</b>	<b>Estratégia para reduzir ou mitigar iniquidades</b>
Grupos populacionais formados pelas pessoas que vivem em locais afastados da zona urbana, com baixa escolaridade e baixa renda.	Grupos populacionais que moram em regiões afastadas das zonas urbanas e são pouco influentes podem vivenciar desvantagens oriundas das instalações de plantas de incineração nas proximidades de suas residências, pela impressão geral de que esse tipo de atividade pode provocar principalmente problemas respiratórios na população residente nas proximidades. Sendo assim, uma pressão popular pode ser gerada no sentido de instalar os incineradores nos locais mais distantes possível.	Se operada em conformidade com as leis e regulamentos, sobre controle da poluição do ar e tratamento de produtos resultantes da atividade, não haverá riscos para a população. Além disso, a participação pública na decisão por essa tecnologia, bem como a disseminação de conhecimento acerca das características e modo de operação da incineração trarão para a população uma maior sensação de estar vivenciando um processo participativo e seguro.

### ***Opção 7 - Tratamento dos Resíduos Sólidos dos Serviços de Saúde***

Place of Residence: não

Race/ethnicity/culture/language: não

Occupation: sim (profissionais de saúde)

Gender/sex: não

Religion: não

Education: baixo grau de escolaridade

Socioeconomic status: não

Social capital: não

<b>Grupos de interesse identificados</b>	<b>Impacto esperado</b>	<b>Estratégia para reduzir ou mitigar iniquidades</b>
Grupos populacionais formados pelos trabalhadores que administram os resíduos das unidades de saúde, algumas vezes com baixo grau de escolaridade, e pelos profissionais de saúde.	Grupos populacionais formados pelos trabalhadores que administram os resíduos das unidades de saúde, algumas vezes com baixo grau de escolaridade, e pelos profissionais de saúde podem estar em desvantagem em relação à opção, em virtude da fragilidade existente na infraestrutura de coleta e triagem nas unidades de saúde, etapa fundamental para a gestão desses resíduos, algumas vezes colocando em risco a segurança desses profissionais. Uma nova abordagem e tratamento desses resíduos, implica em melhores práticas de manuseio nas unidades de saúde.	Para promover a melhoria da segurança pessoal e a redução dos riscos ocupacionais devem ser adotadas estratégias como a apresentação das melhorias que envolvem a mudança de práticas, educação por meio de materiais didáticos, palestras, treinamento e o constante envolvimento de pessoal.

### **Opção 8 - Implementar a Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (GIRS)**

Place of Residence: não

Race/ethnicity/culture/language: sim

Occupation: sim (trabalhadores informais)

Gender/sex: não

Religion: não

Education: baixo grau de escolaridade

Socioeconomic status: sim

Social capital: não

<b>Grupos de interesse identificados</b>	<b>Impacto esperado</b>	<b>Estratégia para reduzir ou mitigar iniquidades</b>
Grupos populacionais formados pelos trabalhadores do setor informal da gestão dos resíduos, pelas pessoas com baixos grau de escolaridade e renda e pelas pessoas que, em	As desvantagens a respeito desta opção podem ser vivenciadas pelos seguintes grupos populacionais: trabalhadores do setor informal da gestão dos resíduos; pessoas com baixos grau de escolaridade e baixa renda; e pelas pessoas que, em termos culturais e por terem sido habituados	Para promover a equidade no desenvolvimento desta ação, é necessário promover a educação dos usuários, treinamentos dos setores envolvidos e engajamento do público

<p>termos culturais e por terem sido habituados a se comportar de certa maneira a respeito dos resíduos sólidos, têm uma certa resistência à mudança.</p>	<p>a se comportar de certa maneira a respeito dos resíduos sólidos, têm uma certa resistência à mudança. Como essa nova abordagem necessita do envolvimento de todas as partes interessadas, incluindo o setor informal, é possível que haja uma resistência à mudança, principalmente pela falta de conhecimento/informação acerca dos benefícios, tanto por parte dos trabalhadores do setor informal, quanto dos usuários.</p>	<p>em geral, além de incorporar a participação do público no processo de tomada de decisão.</p>
---	---	---

### **Opção 9 - Dispor os Resíduos em Aterros Sanitários**

Place of Residence: sim

Race/ethnicity/culture/language: não

Occupation: sim (trabalhadores informais)

Gender/sex: não

Religion: não

Education: baixo grau de escolaridade

Socioeconomic status: sim

Social capital: não

<b>Grupos de interesse identificados</b>	<b>Impacto esperado</b>	<b>Estratégia para reduzir ou mitigar iniquidades</b>
<p>Grupos populacionais formados pelos trabalhadores do setor informal da gestão dos resíduos, pelas pessoas que moram em locais afastados da zona urbana, pelo baixo grau de escolaridade e pela baixa renda.</p>	<p>Os trabalhadores do setor informal que, provavelmente dependem dos resíduos sólidos para sua sobrevivência, podem estar em desvantagem a respeito desta opção, pois a disposição de resíduos em aterros sanitários formaliza a atividade e inviabiliza o acesso dessas pessoas aos resíduos. Em sua maioria, essas pessoas têm baixo grau de escolaridade e baixa renda. Além disso, as pessoas que residem em locais afastados das zonas</p>	<p>Para promover a equidade no desenvolvimento desta ação, é necessário promover a filiação em cooperativas de reciclagem para os trabalhadores do setor informal, esclarecendo as vantagens e os modos de operação do sistema; garantir a operação adequada dos aterros sanitários; e promover compensação econômica para os moradores nas proximidades do aterro.</p>

	<p>urbanas também podem sentir as desvantagens dos aterros sanitários, visto que, na grande maioria das vezes, esses são os locais eleitos para a construção de aterros, o que torna essas regiões desvalorizadas, do ponto de vista imobiliário, e, quando não operados de maneira adequada, podem gerar maus odores e atrair animais e vetores de doenças. Também em sua maioria, o perfil dessas pessoas é de baixo grau de escolaridade, baixa renda e baixa influência política.</p>	
--	---	--

### ***Opção 10 - Biodegradação de Plásticos***

Place of Residence: sim

Race/ethnicity/culture/language: não

Occupation: sim (trabalhadores informais)

Gender/sex: não

Religion: não

Education: baixo grau de escolaridade

Socioeconomic status: sim

Social capital: não

<b>Grupos de interesse identificados</b>	<b>Impacto esperado</b>	<b>Estratégia para reduzir ou mitigar iniquidades</b>
<p>Grupos populacionais formados pelos trabalhadores do setor informal da gestão dos resíduos, pelas pessoas que moram em locais afastados da zona urbana e pelas pessoas com baixo grau de escolaridade e pela baixa renda.</p>	<p>Os trabalhadores do setor informal que, provavelmente dependem dos resíduos sólidos para sua sobrevivência, podem estar em desvantagem a respeito desta opção, pois a biodegradação de plásticos diminui a quantidade de plásticos disponíveis para a reciclagem ou reutilização. Para as pessoas que moram em</p>	<p>Para promover a equidade no desenvolvimento desta opção, primeiramente deve-se definir um espaço específico para os trabalhadores informais participar oficialmente da opção, filiados a uma cooperativa, por exemplo, esclarecendo-lhes o funcionamento e as vantagens da opção. Em segundo lugar, pode-se promover um processo</p>

	<p>regiões afastadas dos centros urbanos, elas podem ter suas áreas destinadas para a instalação de usinas industriais para biodegradação. Em sua maioria, essas pessoas têm baixo grau de escolaridade e baixa renda, o que, na maioria das vezes, faz com que suas vontades sejam negligenciadas.</p>	<p>rigoroso de triagem dos resíduos plásticos para garantir que, aqueles resíduos que não são recomendados para o processo de biodegradação, sejam encaminhados para a cooperativa, de modo que não sejam perdidos ou descartados. Além disso, podem ser oferecidas algumas compensações financeiras para aqueles que cederem espaços em suas áreas para o funcionamento das usinas industriais de biodegradação ou aqueles que se sentirem lesados com a presença desses sistemas nas proximidades de suas residências.</p>
--	---	--

**Opção 11 - Reutilizar os resíduos sólidos como agregados de asfalto**

Place of Residence: não

Race/ethnicity/culture/language: não

Occupation: sim (trabalhadores informais)

Gender/sex: não

Religion: não

Education: baixo grau de escolaridade

Socioeconomic status: sim

Social capital: não

<p><b>Grupos de interesse identificados</b></p>	<p><b>Impacto esperado</b></p>	<p><b>Estratégia para reduzir ou mitigar iniquidades</b></p>
<p>Grupos populacionais formados pelos trabalhadores do setor informal da gestão dos resíduos.</p>	<p>Os trabalhadores do setor informal que, muito provavelmente dependem dos resíduos sólidos para sua sobrevivência, podem estar em desvantagem a respeito desta opção, pois ela diminui a</p>	<p>Para promover a equidade no desenvolvimento desta opção, pode-se determinar que ocorra uma triagem e que sejam retirados do montante de resíduos destinados à agregação de asfaltos, todos os resíduos de valor para a reciclagem</p>

	disponibilidade de resíduos sólidos, aos quais esses trabalhadores tinham acesso, e de onde retiravam itens de valor para a reciclagem ou para a revenda.	ou para a revenda. Sendo assim, devem ser destinados para esta opção somente aqueles resíduos cujas possibilidades de reuso ou reciclagem estejam esgotadas, ou seja, rejeitos.
--	---	---

**Opção 12 - Incentivar a participação de grupos de interesse (stakeholders) no processo de tomada de decisão sobre a gestão de resíduos sólidos**

Place of Residence: sim

Race/ethnicity/culture/language: não

Occupation: sim (trabalhadores informais)

Gender/sex: não

Religion: não

Education: baixo grau de escolaridade

Socioeconomic status: sim

Social capital: não

<b>Grupos de interesse identificados</b>	<b>Impacto esperado</b>	<b>Estratégia para reduzir ou mitigar iniquidades</b>
Grupos populacionais formados pelos trabalhadores do setor informal da gestão dos resíduos, pelas pessoas que moram em locais afastados da zona urbana, e pelas pessoas com baixo grau de escolaridade e baixa renda.	Os grupos populacionais formados pelos trabalhadores do setor informal da gestão dos resíduos sólidos, pelas pessoas que moram em locais afastados da zona urbana, e pelas pessoas com baixo grau de escolaridade e baixa renda podem vivenciar as desvantagens desta opção, caso as ações desenvolvidas para incentivar a participação dos grupos de interesse na tomada de decisão, para tornar o processo da Gestão dos Resíduos Sólidos participativo, não sejam eficazes para alcançar a representatividade de todos os grupos envolvidos, inclusive aqueles mencionados acima, que são de difícil acesso.	Para promover o alcance de todos os interessados, principalmente daqueles pertencentes aos grupos menos favorecidos e de difícil acesso, devem ser adotadas estratégias de educação, treinamento e conhecimento com linguagem acessível, que sejam precedidas de consultas a esses atores para capturar a visão, o entendimento e as contribuições dos diversos setores na tomada de decisão a respeito dos resíduos sólidos.

### **Opção 13 - Utilizar softwares como ferramentas para a gestão dos resíduos sólidos**

Place of Residence: sim

Race/ethnicity/culture/language: não

Occupation: sim (trabalhadores informais)

Gender/sex: não

Religion: não

Education: baixo grau de escolaridade

Socioeconomic status: sim

Social capital: não

<b>Grupos de interesse identificados</b>	<b>Impacto esperado</b>	<b>Estratégia para reduzir ou mitigar iniquidades</b>
Gestão municipal com recursos financeiros, materiais e humanos limitados. Além disso, trabalhadores informais da gestão dos resíduos sólidos	Um município cuja gestão municipal tem recursos financeiros, materiais e humanos limitados, pode não desfrutar de todas as benefícios da utilização de determinados softwares, por não possuírem mão de obra especializada no município apta para lidar com as ferramentas, nem recursos financeiros disponíveis para contratar funcionários vindos de fora ou para adquirir computadores com especificações operacionais adequadas. Além disso, grupos populacionais formados pelos trabalhadores informais da gestão dos resíduos sólidos podem vivenciar as desvantagens dessa opção, ao passo que alguns dos softwares mencionados tornam obsoletas e desnecessárias as atividades do setor informal.	Quanto à limitação de recursos da gestão municipal, poderiam ser desenhadas estratégias de captação de recursos, sejam pelo próprio fornecimento de serviços municipais, como tarifação de coleta e tratamento de resíduos, quanto por estratégias de geração de renda, como por exemplo a criação de cooperativas de reciclagem, que seria uma solução para o setor informal e para a geração de recursos municipais. Além das cooperativas, o setor informal pode ser incorporado nas ações necessárias, definidas pelo uso dos softwares, como a triagem eficiente, o aprimoramento da reciclagem e o desvio de resíduos dos aterros sanitários, dentre outras opções de disposição final.

## **REFERÊNCIAS**

MATHIAS, J. F. C. M. Biogás Em Propriedades Rurais Familiares: uma Opção de Desenvolvimento Local Sustentável. 10º Congresso Brasileiro de Sistemas, Ribeirão Preto/SP, 2014.

**APÊNDICE E – BARREIRAS E ESTRATÉGIAS DE IMPLEMENTAÇÃO (PARA CADA OPÇÃO)**

***Opção 1*** – Incentivar a compostagem aeróbica doméstica e em pequena escala como uma tecnologia de recuperação de nutrientes, visando o desvio de resíduos da destinação final e a produção de biofertilizantes

***Opção 2*** – Incentivar a realização da vermicompostagem para reduzir a quantidade de resíduo orgânico que chega ao lixão e para produzir biofertilizantes importantes para a fertilidade do solo

Níveis	Impacto esperado Descrever as potenciais barreiras identificadas  neste nível à implementação da opção	Estratégia para enfrentar possíveis barreiras para implementação Escrever as estratégias para o enfrentamento das barreiras, considerando os resultados das buscas por evidências sobre implementação
População em Geral	<p>Falta de Conhecimento</p> <p>Resistência à mudança</p> <p>Mudança de comportamento</p>	<p>As intervenções de marketing social são projetadas para influenciar comportamentos específicos que podem ser medidos. A intenção é ir além de influenciar a consciência ou atitudes e crenças, para criar condições que facilitem e mantenham a mudança de comportamento a longo prazo. Estratégias para induzir a mudança de comportamento podem ser usadas como abordagens apenas informativas, comunicação de normas e esquemas de reciclagem incentivados. Uma abordagem orientada para o consumidor garante o envolvimento ativo dos consumidores desde o início da concepção do programa. Métodos criativos e diversos de coleta de dados aumentarão a profundidade da compreensão e facilitarão o desenvolvimento e a implementação de abordagens de mudança de comportamento. As barreiras à mudança de comportamento podem ser minimizadas identificando e abordando fatores externos que competem pelo tempo e atenção do público, seja de forma direta, como outras campanhas de marketing, seja de forma indireta, como comportamentos alternativos. O impacto comportamental estatisticamente mais significativo foi observado entre as intervenções que modificaram o ambiente construído com a introdução de equipamentos internos de triagem de resíduos</p>

		<p>(SEWAK et al., 2021).</p> <p>A compostagem precisa ser aprimorada, o que é essencial para a implementação da separação do material residual na fonte geradora, para que os materiais recicláveis possam ser encaminhados para processos de reciclagem e o material orgânico para compostagem (GONÇALVES et al., 2018).</p>
Trabalhadores	<p>Resistência ou ceticismo em relação à mudança</p> <p>Comunicação interna limitada</p> <p>Treinamento Insatisfatório</p> <p>Sobrecarga de trabalho em função da falta de funcionários</p>	<p>Os profissionais precisam buscar ativamente informações sobre o que motiva o público-alvo, quem e o que influencia os comportamentos observados e quais barreiras físicas e percebidas são evidentes (SEWAK et al., 2021).</p>
Organização e serviços	<p>Estruturas e sistemas inadequados</p> <p>Comunicação externa inapropriada</p>	<p>Os planejadores de programas precisam investigar determinantes do comportamento e fatores que podem influenciar ou promover mudanças. As autoridades locais devem se concentrar em públicos específicos e grupos de difícil acesso (SEWAK et al., 2021).</p> <p>Processos bioquímicos como compostagem e vermicompostagem merecem corretamente o pensamento adicional de qualquer gestão sincronizada de resíduos sólidos urbanos (VARJANI et al., 2021).</p> <p>O programa de compostagem deve ser considerado como uma estratégia eficaz em conjunto com outras tecnologias na gestão de resíduos (KAMAREHIE et al., 2020).</p>

**Opção 3 – Utilizar a digestão anaeróbica para recuperação de energia, com a produção extensiva de biogás e a redução de resíduos enviados para o lixão**

Níveis	<p><b>Impacto esperado</b>                      Descrever as potenciais barreiras identificadas                       neste nível à implementação da opção</p>	<p><b>Estratégia para enfrentar possíveis barreiras para implementação</b>                      Escrever as estratégias para o enfrentamento das barreiras, considerando os resultados das buscas por evidências sobre implementação</p>
População em Geral	Falta de Conhecimento	Resta recuperar a consciência nas indústrias e sociedades, a solicitação de um produto de base biológica que depende do comportamento do consumidor e aceitação no mercado. Avançar as formas de conscientização e melhorar a conscientização, o empreendedorismo e as atividades sociais contribuem de maneira importante para o desenvolvimento sustentável e estável do país (VARJANI et al., 2021).
Trabalhadores	Resistência ou ceticismo em relação à mudança  Comunicação interna limitada  Treinamento Insatisfatório  Sobrecarga de trabalho em função da falta de funcionários  Métodos desatualizados	O aprimoramento e o desenvolvimento de técnicas recentes de coleta, armazenamento, separação e transporte de diferentes tipos de matérias-primas são necessários (VARJANI et al., 2021).
Organização e serviços	Estruturas e sistemas inadequados  Comunicação externa inapropriada	Apesar do envolvimento das políticas, a transparência do subsídio deve ser apoiada. Processos bioquímicos como a digestão anaeróbica merecem corretamente o pensamento adicional de qualquer gestão sincronizada de resíduos sólidos urbanos (VARJANI et al., 2021).

**Opção 4 – Disseminar os conceitos da Economia Circular e fortalecer a conexão entre eles e a gestão dos resíduos sólidos**

Níveis	<p><b>Impacto esperado</b>                      Descrever as potenciais barreiras identificadas</p> <p>neste nível à implementação da opção</p>	<p><b>Estratégia para enfrentar possíveis barreiras para implementação</b>                      Escrever as estratégias para o enfrentamento das barreiras, considerando os resultados das buscas por evidências sobre implementação</p>
População em Geral	<p>Falta de Conhecimento</p> <p>Questões culturais</p>	<p>Para a dimensão social, os municípios têm potencial para implementar planos de solução de resíduos com a participação da população. A aceitação social de produtos de base biológica, o que significa que os consumidores estariam dispostos a pagar por esses produtos, é fundamental para sua difusão e penetração no mercado e para a integração da bioeconomia no sistema econômico. A gestão de resíduos orgânicos por meio da Economia Circular (EC) capta as necessidades do consumidor para melhorias ambientais e redução de emissões de gases de efeito estufa. Esse novo ambiente de negócios pode impactar toda a sociedade com novos empregos e investimentos (PAES et al., 2019).</p>
Trabalhadores	<p>Resistência ou ceticismo em relação à mudança</p> <p>Aspectos tecnológicos</p> <p>Comunicação interna limitada</p> <p>Treinamento Insatisfatório</p> <p>Sobrecarga de trabalho em função da falta de funcionários</p> <p>Processos burocráticos</p> <p>Obter certificações e</p>	<p>O desenvolvimento de uma cadeia de valor funcional, sob os princípios da bioeconomia, exige a ampliação do sistema para receber novos atores e tecnologias que possibilitem o uso da biomassa. Essa inovação incremental (EC) requer apenas pequenas melhorias ou ajustes nas tecnologias ou processos existentes, sendo assim, existem vários tipos de tecnologias de tratamento de resíduos orgânicos que podem ser adaptados e aplicados (PAES et al., 2019).</p>

	selos de produtos	
Organização e serviços	Aspectos financeiros Estruturas e sistemas inadequados Comunicação externa inapropriada Burocracia administrativa e a gestão	A gestão de resíduos orgânicos pela abordagem da economia circular também pode levar ao aumento da eficiência dos processos e redução do consumo de recursos naturais, trazendo diversificação de tecnologias e aplicação de produtos finais. Deve atuar com uma boa gestão com uma abordagem de liderança de apoio para garantir a consistência do projeto. O ambiente de negócios e as políticas públicas produzidas no âmbito de uma EC podem criar diversas oportunidades para aumentar a eficiência dos processos industriais e reduzir o consumo de recursos naturais, permitindo que as empresas sejam mais sustentáveis ao fechar ciclos de processos (PAES et al., 2019).

**Opção 5 – Realizar a Reciclagem de materiais, incentivando a participação pública e também do setor informal**

<b>Níveis</b>	<b>Impacto esperado</b> Descrever as potenciais barreiras identificadas  neste nível à implementação da opção	<b>Estratégia para enfrentar possíveis barreiras para implementação</b> Escrever as estratégias para o enfrentamento das barreiras, considerando os resultados das buscas por evidências sobre implementação
População em Geral	Falta de Conhecimento  Falta de adesão às ações propostas	De modo intuitivo, é impossível participar do programa de reciclagem se não houver informações instrucionais. Uma revisão sistemática sugeriu que um alto nível de participação poderia ser alcançado através da melhoria da conveniência da reciclagem, estabelecendo “metas de reciclagem”, designando líderes de bairro para incentivar a participação e melhorando a educação pública (MA e HIPEL, 2016).  As estratégias educativas podem efetivamente motivar pessoas a se engajarem em programas de reciclagem.

		<p>Tais estratégias também poderiam promover o conhecimento público para produzir uma menor quantidade de RSU ou tipos distintos de resíduos. Abordagens promissoras como programas educacionais devem ser implementadas para promover o conhecimento público sobre a separação na fonte e a reciclagem de resíduos sólidos (KAMAREHIE et al., 2020).</p> <p>O sucesso da reciclagem depende da participação da população, que é influenciada pela proximidade e acessibilidade de caixas de depósito ou contentores (MELARÉ et al., 2016).</p>
Trabalhadores	<p>Resistência ou ceticismo em relação à mudança</p> <p>Comunicação interna limitada</p> <p>Treinamento Insatisfatório</p> <p>Sobrecarga de trabalho em função da falta de funcionários</p> <p>Informalidade</p>	<p>As Parcerias Público-Privadas (PPP) podem ajudar a resolver a dificuldade de expansão da força de trabalho e limitações no atendimento da demanda pública (MA e HIPEL, 2016).</p> <p>A inclusão do setor informal por meio de associações e cooperativas tem sido cada vez mais incentivada em todo o país. Uma forma de resolver essa questão social do desafio da organização dos trabalhadores informais seria empregar catadores informais em empresas de reciclagem, integrando formalmente esses importantes membros ao sistema. Esses trabalhadores necessitam de capacitação profissional e trabalho legalizado. Inclusão social por meio de cooperativas e associações (GONÇALVES et al., 2018).</p>
Organização e serviços	<p>Estruturas e sistemas inadequados</p> <p>Comunicação externa inapropriada</p>	<p>Qualquer atividade de tratamento de RSU não só diminui a quantidade total de resíduos gerados, mas também os custos de disposição (GONÇALVES et al., 2018).</p>

**Opção 6 - Incineração e tratamento das cinzas volantes e de fundo resultantes da incineração**

Níveis	<b>Impacto esperado</b> Descrever as potenciais barreiras identificadas  neste nível à implementação da opção	<b>Estratégia para enfrentar possíveis barreiras para implementação</b> Escrever as estratégias para o enfrentamento das barreiras, considerando os resultados das buscas por evidências sobre implementação
População em Geral	Falta de Conhecimento	Sistemas de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos - GIRS eficientes, que incluem a incineração como forma de combustão controlada, com o objetivo de diminuir a quantidade e periculosidade dos resíduos finais a serem destinados para a disposição de forma adequada socioeconômica e ambientalmente, requerem gestão profissional, suportadas por uma população informada e legislações e políticas apropriadas (ANDRADE e COLTRO, 2005).
Trabalhadores	Resistência ou ceticismo em relação à mudança  Comunicação interna limitada  Treinamento Insatisfatório  Sobrecarga de trabalho em função da falta de funcionários	Não foram encontradas evidências que abordaram as estratégias para o enfrentamento das barreiras identificadas sobre os trabalhadores.
Organização e serviços	Estruturas e sistemas inadequados  Comunicação externa inapropriada  Escassez de recursos financeiros  Dificuldade para	Um sistema abrangente de avaliação ambiental e de saúde deve ser desenvolvido para o gerenciamento e descarte eficaz e eficiente de cinzas volantes. Sugestões foram feitas para lidar com o descarte de cinzas volantes através da implementação de regulamentos fortes para evitar a poluição secundária. (THAKUR e RAMESH, 2015).  Podem ser utilizados investimentos privados voltados à redução do volume de RSU e da geração de energia,

	<p>identificar locais ideais para a instalação da usina</p>	<p>para a incineração (GONÇALVES et al., 2018).</p> <p>Sistema de Informação Geográfica (SIG) e Processo Analítico Hierárquico (AHP) foram usados para a determinação do local para a instalação de uma usina de incineração, que deve atender às exigências governamentais e ao <i>triple bottom line</i> (formado pelos pilares econômico, ambiental e social), onde existem diversos critérios para avaliação dos locais candidatos (MELARÉ et al., 2016).</p>
--	---	---

### **Opção 7 - Tratamento dos Resíduos Sólidos dos Serviços de Saúde**

<p><b>Níveis</b></p>	<p><b>Impacto esperado</b> Descrever as potenciais barreiras identificadas  neste nível à implementação da opção</p>	<p><b>Estratégia para enfrentar possíveis barreiras para implementação</b>  Escrever as estratégias para o enfrentamento das barreiras, considerando os resultados das buscas por evidências sobre implementação</p>
<p>População em Geral</p>	<p>Falta de Conhecimento acerca dos riscos para a saúde pública e para o meio ambiente</p>	<p>Mesmo onde os padrões internacionais de gestão dos RSS estão sendo atendidos, melhorias ainda são possíveis para reduzir o impacto na saúde pública e no meio ambiente. Todas as iniciativas neste ramo devem considerar os riscos para a saúde pública e ocupacional, mas também o impacto no ambiente e a poluição gerada. Fatores como a educação e a saúde da população, podem afetar a gestão dos RSS. Quando os padrões são atendidos nos cuidados de saúde, inclusive para gestão dos RSS, isso leva a riscos reduzidos para a saúde pública e para o meio ambiente, e a busca de novas maneiras de aumentar a eficiência e a sustentabilidade (CANIATO et al., 2015).</p>
<p>Trabalhadores</p>	<p>Resistência ou ceticismo em relação à mudança  Comunicação interna</p>	<p>Para a segurança dos trabalhadores do manuseio de resíduos que coletam todos os resíduos infecciosos de locais especiais de armazenamento e os transportam para um local restrito, o gerenciamento desses resíduos tornou-se muito importante. Para combater a falta de conscientização das equipes de</p>

	<p>limitada</p> <p>Falta de programas de treinamentos</p> <p>Sobrecarga de trabalho em função da falta de funcionários</p> <p>Hábitos da equipe</p> <p>Falta de conscientização das equipes</p> <p>Riscos contra a segurança</p> <p>Conhecimento limitado das consequências da contaminação tóxica do meio ambiente</p>	<p>manuseio de resíduos, enfatiza-se a educação dos trabalhadores (THAKUR e RAMESH, 2015).</p> <p>A segregação segura de perfurocortantes é uma prioridade fundamental devido à sua classificação como resíduo altamente perigoso, pois a sua segregação leva a uma redução dramática na taxa de ferimentos por objetos cortantes. São necessários esforços conjuntos para garantir que os bons padrões sejam alcançados. Quando os padrões são atendidos nos cuidados de saúde, inclusive para gestão dos RSS, isso leva a riscos reduzidos para a saúde ocupacional, e a busca de novas maneiras de aumentar a eficiência e a sustentabilidade. No nível da unidade de saúde, todo o pessoal deve estar envolvido, e os programas de treinamento geralmente alcançam resultados muito positivos (CANIATO et al., 2015).</p>
<p>Organização e serviços</p>	<p>Estruturas e sistemas inadequados</p> <p>Comunicação externa inapropriada</p> <p>Falta de previsão da quantidade resíduos gerada</p> <p>Falta de regulamentos, planos de implementação e diretrizes</p>	<p>O desenvolvimento de planos, políticas e protocolos adequados para o tratamento de resíduos dos serviços de saúde inibem o processamento inadequado desses resíduos. As autoridades hospitalares devem formular políticas de descarte e fazer uma estimativa dos recursos e equipamentos que seriam necessários para o período considerado. A chave para a redução de riscos relacionados aos resíduos dos serviços de saúde foi o desenvolvimento e implementação de um sistema integrado de gestão de resíduos e alocação adequada de recursos. A avaliação de várias alternativas de tratamento térmico depende muito da seleção e ponderação de critérios, o que normalmente é negligenciado pelos formuladores de políticas (THAKUR e RAMESH, 2015).</p> <p>O desenvolvimento de uma regulamentação nova e mais rigorosa aumenta o interesse em encontrar soluções alternativas. Uma unidade de saúde pode ser inspirada por abordagens bastante simples e de baixo custo para melhorar a gestão dos resíduos dos serviços de saúde, começando pela conscientização, educação e envolvimento. Uma abordagem sistêmica é sempre sugerida, visando a integração de diferentes ferramentas e ações, como o desenvolvimento de políticas ou procedimentos, fornecimento de material especificamente dedicado à gestão dos RSS (por exemplo, com código de cores), pôsteres e material</p>

		informativo e programas de treinamento (CANIATO et al., 2015).
--	--	--

### Opção 8 - Implementar a Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (GIRS)

Níveis	<b>Impacto esperado</b> Descrever as potenciais barreiras identificadas  neste nível à implementação da opção	<b>Estratégia para enfrentar possíveis barreiras para implementação</b> Escrever as estratégias para o enfrentamento das barreiras, considerando os resultados das buscas por evidências sobre implementação
População em Geral	Falta de Conhecimento	<p>A aceitação pública desempenha um papel importante em influenciar a eficácia de qualquer esquema de gestão de RSU e seu bom funcionamento. É importante que o público seja munido de informação suficiente para ser capaz de acessar e avaliar todas as informações básicas e impactos negativos e positivos (MA e HIPEL, 2016).</p> <p>A Gestão Integrada de Resíduos Sólidos é um sistema de suporte multifacetado que requer conhecer não apenas os elementos econômicos, mas os padrões comunitários e numerosos ecologicamente corretos e os efeitos tóxicos duradouros sobre os seres humanos e a natureza (VARJANI et al., 2021).</p>
Trabalhadores	Resistência ou ceticismo em relação à mudança  Comunicação interna limitada  Treinamento Insatisfatório	<p>Políticas adequadas de gestão de RSU também são consideradas como soluções, que podem promover coleta, processamento mais seguro e mais restrições às emissões de substâncias perigosas (MA e HIPEL, 2016).</p> <p>Em relação ao processo de integração, isso pode ocorrer por meio de capacitação profissional, bem como pela legalização do trabalho desses catadores, o que leva a um aumento na quantidade de resíduos recicláveis coletados e, conseqüentemente, facilita as etapas de tratamento e disposição final. Nesse sentido, são</p>

		gerados ganhos econômicos, ambientais e sociais (GONÇALVES et al., 2018).
Organização e serviços	<p>Estruturas e sistemas inadequados</p> <p>Comunicação externa inapropriada</p>	<p>Uma nova tendência para a gestão de RSU é estabelecer um sistema que envolve todas as partes interessadas, incluindo o governo, o setor privado, organizações não governamentais e o setor informal, bem como compartilhar responsabilidades de gestão de RSU entre eles. Uma vez que informações adequadas é o pré-requisito para a eficácia dessa integração, "a comunicação deve atingir padrões elevados em um esforço para contribuir à maximização de um consenso público" (MA e HIPEL, 2016).</p> <p>A descentralização dos serviços de gestão de RSU, juntamente com definições claras de papéis e responsabilidades para os setores público e privado, em cooperação com a população, é apontada como uma medida necessária para a criação de gestão de RSU eficientes. Essa descentralização pode favorecer o sistema de gestão à medida que passa a considerar as características típicas de cada localidade ao longo do planejamento do sistema de gestão (GONÇALVES et al., 2018).</p>

### **Opção 9 - Dispor os Resíduos em Aterros Sanitários**

<b>Níveis</b>	<b>Impacto esperado</b> Descrever as potenciais barreiras identificadas  neste nível à implementação da opção	<b>Estratégia para enfrentar possíveis barreiras para implementação</b> Escrever as estratégias para o enfrentamento das barreiras, considerando os resultados das buscas por evidências sobre implementação
População em Geral	Falta de Conhecimento	Para garantir a participação de todos os setores, são recomendados incentivos à descentralização das etapas de gestão a partir da definição de responsabilidades entre iniciativa privada, poder público e população (GONÇALVES et al., 2018).

Trabalhadores	<p>Resistência ou ceticismo em relação à mudança</p> <p>Comunicação interna limitada</p> <p>Treinamento Insatisfatório</p>	<p>Não foram encontradas evidências que abordaram as estratégias para o enfrentamento das barreiras identificadas sobre os trabalhadores.</p>
Organização e serviços	<p>Estruturas e sistemas inadequados</p> <p>Escassez de recursos financeiros</p> <p>Comunicação externa inapropriada</p> <p>Ocupação dos aterros com resíduos que poderiam ser desviados ou recuperados</p> <p>Infraestrutura local inadequada</p>	<p>Os desafios enfrentados para a Gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos podem ser resolvidos com a participação mais ativa da população, do governo e do setor privado. Os autores sugerem a implementação de uma cobrança pela geração de resíduos, pois, desta forma, seria possível recuperar os custos da gestão dos RSU e aumentar o apoio financeiro às instalações de eliminação de resíduos (GONÇALVES et al., 2018).</p> <p>Práticas de redução de geração, separação na fonte, reciclagem e compostagem são ferramentas importantes para diminuir o volume de RSU destinado a aterros e, por sua vez, incentivar apenas o envio de material rejeitado para esses depósitos. Essa redução no volume de resíduos encaminhados para disposição final é extremamente importante para aumentar a vida útil dos aterros e reduzir tanto novas áreas de disposição quanto investimentos (GONÇALVES et al., 2018).</p> <p>Um modelo de programação linear inteira mista foi aplicado no planejamento da gestão de resíduos de longo prazo, que busca minimizar o custo de seleção de expansão e destinação adequada de resíduos para prolongar a vida útil do aterro. Métodos matemáticos e Análise de Decisão Multicritério (MCDA) são amplamente utilizados na tomada de decisão para determinar locais para aterros (MELARÉ et al., 2016).</p>

### Opção 10 - Biodegradação de Plásticos

Níveis	<b>Impacto esperado</b> Descrever as potenciais barreiras identificadas  neste nível à implementação da opção	<b>Estratégia para enfrentar possíveis barreiras para implementação</b> Escrever as estratégias para o enfrentamento das barreiras, considerando os resultados das buscas por evidências sobre implementação
População em Geral	Falta de Conhecimento	Não foram encontradas evidências que abordaram as estratégias para o enfrentamento das barreiras identificadas sobre a população.
Trabalhadores	Resistência ou ceticismo em relação à mudança  Comunicação interna limitada  Treinamento Insatisfatório	Não foram encontradas evidências que abordaram as estratégias para o enfrentamento das barreiras identificadas sobre os trabalhadores.
Organização e serviços	Estruturas e sistemas inadequados  Comunicação externa inapropriada  Apoio financeiro	Não foram encontradas evidências que abordaram as estratégias para o enfrentamento das barreiras identificadas sobre a organização e serviços.

### Opção 11 - Reutilizar os resíduos sólidos como agregados de asfalto

Níveis	<b>Impacto esperado</b> Descrever as potenciais barreiras identificadas  neste nível à implementação	<b>Estratégia para enfrentar possíveis barreiras para implementação</b> Escrever as estratégias para o enfrentamento das barreiras, considerando os resultados das buscas por evidências sobre implementação

	da opção	
População em Geral	Falta de Conhecimento  Não Aceitação da política	<p>É necessário que o usuário conheça e visualize as vantagens da utilização desta tecnologia como palpáveis, com potencial para impactar o seu dia a dia. O conhecimento do estado funcional e estrutural das vias permite a intervenção nas suas características, visando a ampliação de sua vida útil, a determinação do grau de deterioração da via e a garantia do conforto do usuário quanto ao rolamento e a condição da superfície (SILVA e PIMENTEL, 2021).</p> <p>Um dos objetivos fundamentais do pavimento sustentável é a reutilização de agregados por meio da reciclagem de diferentes materiais. O uso de pavimentos asfálticos reciclados como matéria-prima elimina a necessidade de extração de matéria-prima básica e despejo de asfalto. Estudos mostraram que o uso de resíduos como substituição de agregados melhorou a resistência ao sulco das misturas asfálticas sob temperaturas extremamente altas. Geralmente, a incorporação de materiais residuais como asfalto reciclado, concreto reciclado, escória de aço, clínquer de óleo de palma, plástico residual e borracha triturada como substituto do agregado melhora a resistência à trincas por fadiga e prolonga a vida útil das misturas. Além de reduzir o uso de recursos naturais, a incorporação de resíduos como substitutos de agregados nas misturas de asfalto de matriz de pedra melhorou o desempenho de sulcos e fadiga das misturas de asfalto de matriz de pedra (BABALGHAITH et al., 2022).</p>
Trabalhadores	Resistência ou ceticismo em relação à mudança	<p>O aproveitamento de resíduos classe A (construção civil) na pavimentação é a forma mais fácil e antiga de reciclagem no Brasil. As suas vantagens são: menor uso de tecnologia e custos de processo; aproveitamento de todos os componentes minerais do entulho; maior aproveitamento do entulho produzido. A mudança de material requer uma análise aprofundada para garantir que ele seja construído corretamente para a carga. Tendo em vista os fatores ecológicos, econômicos e os próprios benefícios no processo de pavimentação ocasionada pela utilização destes resíduos sólidos, torna-se muito importante que os profissionais da área</p>

		passem a atuar de forma mais efetiva junto a essas tecnologias (SILVA e PIMENTEL, 2021).
Organização e serviços	Estruturas e sistemas inadequados  Falta de Recursos Financeiros	A construção de rodovias no Brasil passa por diversas dificuldades, como o alto custo na execução das obras e a alta taxa de deterioração das estradas, em função do aumento da frota e do excesso de carga transportada nos caminhões. O conhecimento do estado funcional e estrutural das vias permite a intervenção nas suas características, visando ampliação de sua vida útil, possibilitando assim, melhorias na malha rodoviária e reduzindo seus custos com as reconstruções. Além disso, o aproveitamento dos resíduos pode apresentar diversos benefícios técnicos, econômicos, energéticos e, é claro, ambientais, como redução do volume de extração de matéria-prima, conservação de matéria-prima não renovável, redução do consumo de energia e menor emissão de poluentes, como o CO2. Com a utilização de borrachas de pneus em cimento asfáltico, por exemplo, pode-se reduzir o consumo de materiais para a construção de uma superfície reciclada (SILVA e PIMENTEL, 2021).

Fonte: Autoria própria.

### **Opção 12 - Incentivar a participação de grupos de interesse (stakeholders) no processo de tomada de decisão sobre a gestão de resíduos sólidos**

<b>Níveis</b>	<b>Impacto esperado</b> Descrever as potenciais barreiras identificadas  neste nível à implementação da opção	<b>Estratégia para enfrentar possíveis barreiras para implementação</b> Escrever as estratégias para o enfrentamento das barreiras, considerando os resultados das buscas por evidências sobre implementação
População em Geral	Falta de Conhecimento	A conscientização pública, a participação pública e a inovação técnica também podem contribuir para a redução da contaminação por RSU. Além disso, populações vulneráveis, de baixa renda, podem vivenciar a injustiça ambiental, que significa colocar

		<p>uma carga de resíduos desproporcional sobre os pobres, localizando locais de resíduos sólidos urbanos e despejando resíduos perigosos em comunidades pobres. Tal desigualdade fez com que os ricos vivessem em um ambiente limpo e saudável, enquanto as áreas pobres forneciam lixões para o lixo da cidade e estavam expostas à poluição elevada. Como a principal causa desse fenômeno são as vantagens políticas e econômicas das comunidades de alta renda, as soluções potenciais sugeridas destacam a importância da participação e da educação pública. O conhecimento público é um fator chave que afeta a conscientização pública sobre o porquê, o quê e como implementar um sistema de gestão de RSU. Consciência pública, atitude pública e comportamento público sustentável podem ser promovidos melhorando a conveniência, educação, regulamentos, incentivos econômicos e envolvimento público na tomada de decisões (MA e HIPEL, 2016).</p>
Trabalhadores	<p>Resistência ou ceticismo em relação à mudança</p> <p>Comunicação interna limitada</p> <p>Treinamento Insatisfatório</p>	<p>Há muito espaço para os profissionais de gestão de resíduos explorarem e aplicarem métodos de comunicação contemporâneos que sejam interativos e envolventes e, mais importante, co-projetados com o público-alvo (SEWAK et al., 2021).</p>
Organização e serviços	<p>Estruturas e sistemas inadequados</p> <p>Comunicação externa inapropriada</p> <p>Sistemas de informação precários</p>	<p>Como as vantagens políticas e econômicas das comunidades de alta renda podem gerar um quadro de injustiça ambiental, vivenciada pelas populações vulneráveis, as soluções potenciais sugeridas destacam também a governança descentralizada. a educação pública é um compromisso de longo prazo para os governos presentes e futuros para criar uma forte consciência ambiental entre todos os stakeholders (MA e HIPEL, 2016).</p> <p>Consultas e parcerias com autoridades locais, líderes de conselhos e organizações comunitárias são benéficas durante a fase de desenvolvimento do programa, pois os parceiros também podem agregar valor aumentando a participação do público-alvo (SEWAK et al., 2021).</p> <p>É necessária uma abordagem integrada dos serviços oferecidos pelo sistema, considerando os papéis dos três stakeholders: iniciativa privada, poder público e</p>

		população (GONÇALVES et al., 2018).
--	--	-------------------------------------

### Opção 13 - Utilizar softwares como ferramentas para a gestão dos resíduos sólidos

Níveis	<b>Impacto esperado</b> Descrever as potenciais barreiras identificadas  neste nível à implementação da opção	<b>Estratégia para enfrentar possíveis barreiras para implementação</b>  Escrever as estratégias para o enfrentamento das barreiras, considerando os resultados das buscas por evidências sobre implementação
População em Geral	Falta de Conhecimento  Não Aceitação da política  Falta de adesão às ações propostas	<p>Se desenvolvida com responsabilidade, a Inteligência Artificial tem a capacidade de melhorar o bem-estar e fornecer benefícios às comunidades (ANDEOBU et al., 2022).</p> <p>Uso de SIG (Sistema de Informações Geográficas) e do método de programação multiobjetivo linear inteiro misto para definir locais para a instalação de Ecoponto e suas capacidades de armazenamento, que é constituído por multicompartimentos para recolha seletiva, e destina-se à reciclagem. A proposta visa manter o equilíbrio entre o número de compartimentos, a população total e sua distribuição em áreas urbanas, de forma que o menor número de compartimentos possa atender o maior número de pessoas. Este equilíbrio visa reduzir o custo de investimento e minimizar a distância entre a população e os compartimentos (MELARÉ et al., 2016).</p>
Trabalhadores	Resistência ou ceticismo em relação à mudança  Treinamento insatisfatório	Essas ferramentas têm a capacidade de otimizar as atividades desenvolvidas pelos trabalhadores e o tempo gasto e minimizar os erros, quando da adoção do método de Aprendizado de Máquina para realizar a alimentação precisa de combustível auxiliar de incineração e ar com base nos indicadores que podem ser medidos diretamente on-line, como taxa de

		<p>alimentação de resíduos, teor de água residual, temperatura de incineração e teor de oxigênio de saída do forno, ou prever o depósito de cinzas do incinerador de acordo com o volume de entrada de ar, teor de oxigênio e concentração de gás ácido do gás de combustão e temperatura de incineração. Desta forma, a frequência de limpeza de cinzas do incinerador pode ser otimizada. Assim também, os parâmetros de operação das instalações de tratamento de lixiviados podem ser ajustados no tempo de acordo com a composição de lixiviado prevista para otimizar o efeito do tratamento e aliviar ainda mais o risco de poluição do lixiviado (GUO et al., 2021). Com a adoção de tecnologias de Inteligência Artificial, os métodos tradicionais de reciclagem e processos de decomposição tornaram-se mais simplificados e praticáveis. Vários estudos examinaram técnicas de classificação automatizada para aumentar a eficiência geral do processo de Gestão dos Resíduos Sólidos. A maioria desses estudos se concentrou na classificação de materiais de resíduos sólidos utilizados em sistemas de triagem que eliminam a segregação manual de resíduos. Da mesma forma, a automatização do processo de classificação de lixo usando Redes Neurais Artificiais aprimorou a triagem de resíduos e o tempo de classificação, em comparação com a triagem manual (ANDEOBU et al., 2022).</p>
<p>Organização e serviços</p>	<p>Estruturas e sistemas inadequados</p> <p>Falta de Recursos Financeiros</p> <p>Falta de estratégias de planejamento para incentivo à adesão do público</p>	<p>Vários estudos aplicaram modelos de Inteligência Artificial (IA) no planejamento de gestão de resíduos, que inclui otimizar os custos de gestão e todas as fases do processo da gestão dos resíduos sólidos. Os aplicativos de IA podem aprender com os dados e produzir resultados quase em tempo real, analisando novas informações de várias fontes e adaptando-se de acordo com um nível de precisão que é inestimável para governos. Com a adoção do método de Aprendizado de Máquina para realizar a alimentação precisa de combustível auxiliar de incineração e ar com base nos indicadores que podem ser medidos diretamente on-line, como taxa de alimentação de resíduos, teor de água residual, temperatura de incineração e teor de oxigênio de saída do forno, ou prever o depósito de cinzas do incinerador de acordo com o volume de entrada de ar, teor de oxigênio e concentração de gás ácido do gás de combustão e temperatura de incineração, o custo operacional da planta de incineração pode ser reduzido. (ANDEOBU et al., 2022).</p>

		<p>O uso do Processo Analítico Hierárquico (AHP) para classificar os hospitais com base na menor carga de poluição ao descartar os RSS, e enfatizou a melhoria das técnicas de gestão em vez das instalações de construção (THAKUR e RAMESH, 2015).</p> <p>Uso do SIG (Sistema de Informações Geográficas) para auxiliar o processo de tomada de decisão da gestão e planejamento municipal, possibilitando uma abordagem integrada dos serviços executados, e abrangendo diversos temas como gestão de resíduos sólidos, mobilização de recursos financeiros, infraestrutura e gestão de serviços públicos e transparência de informações, entre outros. O SIG pode ser utilizado como uma ferramenta importante no planejamento, gestão estratégica, integração e prestação de contas de serviços públicos. Com base na teoria dos jogos, pode-se realizar uma análise do processo logístico envolvido na coleta de resíduos, que visa manter o equilíbrio dos interesses envolvidos (governo, população e empresas operadoras. O interesse do governo também está relacionado à reciclagem e à geração de incentivos e impostos que possam ser repassados à população. Além disso, a teoria dos jogos e o equilíbrio de Nash foram usados para pesar e determinar os níveis satisfatórios de incentivos e taxas, que estão diretamente relacionados aos lucros dos fabricantes e recicladores. Um modelo de regressão linear simples foi adotado para prever o movimento nos valores de recicláveis. Métodos matemáticos e Análise de Decisão Multicritério (MCDA) são amplamente utilizados na tomada de decisão para determinar locais para instalações de transformação (reciclagem, incineração e compostagem) (MELARÉ et al., 2016).</p>
--	--	--

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDEOBU, L.; WIBOWO, S., GRANDHI, S. Artificial intelligence applications for sustainable solid waste management practices in Australia: A systematic review. *Science of the Total Environment*, Vol. 834, 155389, 2022.

ANDRADE, J. P. B. O.; COLTRO, L. **Incineração de Resíduos**. *Boletim de Tecnologia e Desenvolvimento de Embalagens*. Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL). Vol. 17, nº1, 2005.

GUO, H.-n.; WU, S.-b; TIAN, Y.-j; ZHANG, J.; LIU, H.-t. **Application of machine learning methods for the prediction of organic solid waste treatment and recycling processes: A review.** Bioresource Technology 319, 124114, 2021.

SILVA, J. S. da; PIMENTEL, M. G. R. F. **Uso de resíduos na pavimentação rodoviária.** Research, Society and Development, Vol. 10, n. 14, 2021.

## 5. CONCLUSÕES

O processo de tomada de decisão proveniente do uso da PIE é pautado no acesso ao conhecimento utilizado de forma sistemática e transparente. Sendo assim, a elaboração de políticas públicas informadas por evidências possibilita a melhoria dos sistemas e reduz os efeitos negativos provenientes de políticas públicas mal formuladas, os quais afetam prioritariamente a população.

Dentre as evidências globais encontradas, constatou-se que as opções de tecnologias para destinação final dos resíduos sólidos mais usuais, como incineração, aterros sanitários, reciclagem e compostagem, foram mencionadas nos estudos encontrados, dentre outras opções tecnológicas menos usuais, como a biodegradação de plásticos ou a utilização dos resíduos sólidos como agregados de asfalto, refletindo o bom resultado da pesquisa. A prova disso é o fato de o presente estudo ter resultado em 13 opções de tecnologias para destinação final dos resíduos sólidos, o que, diga-se de passagem, inclui a reutilização, reciclagem, compostagem, recuperação e aproveitamento energético e a disposição final.

Como todo estudo, este trabalho apresenta algumas limitações. Primeiro, este estudo considera cinco bases de dados e ao fazê-lo, alguma literatura relevante publicada em base de dados diferente das consideradas pode ter sido desconsiderada, o que pode ocorrer igualmente pela seleção inicial dos estudos ter sido feita com base nas palavras-chave definidas, constantes nos títulos e nos resumos dos artigos. Além disso, outra limitação foi relativa à avaliação da qualidade dos estudos incluídos, visto que o instrumento utilizado se dedica à avaliação de revisões sistemáticas de intervenções clínicas e da área da saúde, mas foi a opção pela falta de instrumentos dedicados à área ambiental e de políticas.

Por outro lado, este estudo contribui com as informações globais sobre as opções de tecnologias para destinação final dos resíduos sólidos e que a síntese de evidências pode ser o documento balizador para qualquer Diálogo de Políticas em qualquer território. Desta forma, qualquer localidade pode lapidar e trazer as especificidades locais para aprimorar o documento e torná-lo exequível no seu território. Desta forma, o presente estudo pode direcionar o processo de tomada de decisão quanto às opções para a destinação final de resíduos sólidos em qualquer

localidade, visto que conseguiu reunir evidências globais, que podem se tornar aplicáveis à realidade do local escolhido após a realização do Diálogo de Políticas, direcionando maneiras para enfrentar problemas relacionados à disposição inadequada de resíduos, promover a saúde da população e melhorar a qualidade de vida das populações envolvidas.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACOSTA, A. MA.; OELKE, N. D.; LIMA, M. A. D. da S. **Considerações teóricas do diálogo deliberativo: contribuições para prática, política e pesquisa em enfermagem.** Texto Contexto Enferm, 26(4):e0520017, 2017.

AMIN, A.; CHOUMERT-NKOLO, J.; COMBES, J.-L.; COMBES MOTEL, P.; KÉRÉ, E. N.; ONGONO-OLINGA, J.-G.; SCHWARTZ, S. **Neighborhood effects in the Brazilian Amazônia: Protected áreas and deforestation.** Journal of Environmental Economics and Management, 39 (2019) 272-288, 2019.

ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2020.** São Paulo, 2020.

ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2022.** São Paulo, 2022.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10004: Resíduos Sólidos - Classificação.** Rio de Janeiro, 2004.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10007: Amostragem de Resíduos Sólidos.** Rio de Janeiro, 2004.

BARRETO, J. O. M.; TOMA, T. S. Métodos na EVIPNet Brasil: Ferramentas SUPPORT para políticas de saúde informadas por evidências. In: Políticas de Saúde Informadas por Evidências. Boletim do Instituto de Saúde – BIS, V. 17, N. 1. ISSN 1518/1812/ On Line 1809-7529. Jun, 2016.

BARRETO, O. A. C.; SILVA, J. M. dos S.; GORI, R. S. L.; SELLITTO, M. A. Logística reversa como ferramenta para sustentabilidade: um estudo sobre cooperativas de catadores de resíduos no Tocantins. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental Santa Maria, 19 (2) 22361170. DOI: 105902/2236117016094, p. 332-343, 2015.

BAYHAKKI; DEWI, A. P. **Experiences in Dealing with Medical Waste: A Meta-synthesis.** Journal of Ecophysiology and Occupational Health, Vol 20(1&2), 100–107, January–June 2020.

BEIGL, P.; LEBERSORGER, S.; SALHOFER, S. **Modelling municipal solid waste generation: A review.** Waste Management, Vol. 28, 200–214, 2008.

BRASIL. **Lei n. 12.305, de 02 de agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos.** – 3. ed., reimpr. – Brasília : Câmara dos Deputados, Edições Câmara, 2017. 80 p. – (Série legislação ; n. 229 PDF). ISBN 978-85-402-0496-6

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Processo de Marrakesh.** Disponível em: <https://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/producao-e-consumosustentavel/plano-nacional/processo-de-marrakesh.html>. Acesso em 31/10/2019

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos. Departamento de Ciência e Tecnologia. **Síntese de Evidências para Políticas de Saúde: estimulando o uso de evidências científicas na tomada de decisão /** Ministério da Saúde, Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos, Departamento de Ciência e Tecnologia. – 1. ed. – 1. reimpr. – Brasília : Ministério da Saúde, 2015. 36 p. : il. ISBN 978-85-334-2184-4

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos. Departamento de Ciência e Tecnologia. **Capacitação do Núcleo de Evidências em Saúde / Estação BVS de Brasília em**

**Formulação de Políticas de Saúde e Tomada de Decisões Informadas por Evidências.** Sessão 09 – Diálogos Deliberativos. Brasília, set. 2013.

CAMPOS, H. K. T. **Renda e evolução da geração *per capita* de resíduos sólidos no Brasil.** Engenharia Sanitária e Ambiental. V.17, N.2. P. 171-180. abr/jun, 2012.

CIHR. Instituto Canadense de Pesquisa em Saúde. **Knowledge Translation - Definition** [Internet]. 2016 [acessado em out/2019]. Disponível em: <http://www.cihr-irsc.gc.ca/e/29418.html#1> [ Links ].

DU, L.; XU, H.; ZUO, J. **Status quo of illegal dumping research: Way forward.** Journal of Environmental Management, Vol. 290 , 112601, 2021.

EUROSTAT. European Statistics. **Waste statistics.** Disponível em: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Waste\\_statistics#Waste\\_treatment](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Waste_statistics#Waste_treatment). Acesso em: 03/01/2020.

FERREIRA, J. A.; ANJOS, L. A. **Aspectos de saúde coletiva e ocupacional associados à gestão dos resíduos sólidos municipais.** Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, 17(3):689-696, mai-jun, 2001.

GOUVEIA, N. **Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social.** Revista Ciência & Saúde Coletiva, 17(6):1503-1510, 2012.

HEAD, B. W. **Toward More Evidence-Informed Policy Making?** Public Adm Rev. 2016; 76(3):472-84.

KAMAREHIE, B.; JAFARI, A.; GHADERPOORI, M.; AZIMI, F.; FARIDAN, M.; SHARAFI, K.; AHMADI, F.; KARAMI, M. A. **Qualitative and quantitative analysis of municipal solid waste in Iran for implementation of best waste management practice: a systematic review and meta-analysis.** Environmental Science and Pollution Research, Vol. 27, 37514–37526 (2020).

KAZA, S.; YAO, L. C.; BHADA-TATA, P.; VAN WOERDEN, F. **What a Waste 2.0 : A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050.** Urban Development. Washington, DC: World Bank. Disponível em: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317> License: CC BY 3.0 IGO. 2018.

LAVIS, J. N.; OXMAN, A. D.; LEWIN, S.; FRETHEIM, A. SUPPORT Tools for evidence-informed health Policymaking (STP). **Introduction.** Health Research Policy and Systems 2009a; 7(Suppl 1):I1

LAVIS, J. N.; OXMAN, A. D.; SOUZA, N. M., LEWIN, S.; GRUEN, R. L.; FRETHEIM, A. SUPPORT Tools for evidence-informed health Policymaking (STP). **9. Assessing the applicability of the findings of a systematic review.** Health Research Policy and Systems; 2009b, 7(Suppl 1):S9

LAVIS, J. N.; BOYKO, J. A.; OXMAN, A. D.; LEWIN, S.; FRETHEIM, A. SUPPORT Tools for evidence-informed health Policymaking (STP). **14. Organising and using policy dialogues to support evidence-informed policymaking.** Health Research Policy and Systems; 2009c, 7(Suppl 1):S14

LATORRACA, C. O. C.; FERREIRA, R. E. S.; PAIVA, B. L. C de; CENTENO, R. S.; MARTIMBIANCO, A. L. C.; RIERA, R.; PACHECO, R. L. **Qualidade metodológica de revisões sistemáticas sobre hipotermia terapêutica e/ ou terapia de resfriamento para lesão cerebral traumática.** O Mundo da Saúde, São Paulo, Vol. 43(4), 996-1015, 2019.

LEWIN, S.; OXMAN, A. D.; LAVIS, J. N.; FRETHEIM, A. SUPPORT Tools for evidence-informed health Policymaking (STP). **8. Deciding how much confidence to place in a systematic review.** Health Research Policy and Systems; 2009, 7(Suppl 1):S8 doi:10.1186/1478-4505-7-S1-S8.

MELARÉ, A. V. de SOUZA; GONZÁLIZ, S. M.; FACELI, K.; CASADEI, V. **Technologies and decision support systems to aid solid-waste management: a systematic review.** Waste Management 59 (2017) 567-584, 2016

O'NEILL, J.; TABISH, H.; WELCH, V.; PETTICREW, M.; POTTIE, K.; CLARKE, M.; EVANS, T.; PARDO, J.; WATERS, E.; WHITE, H.; TUGWELL, P. **Applying an equity lens to interventions: using PROGRESS ensures consideration of socially stratifying factors to illuminate inequities in health.** Journal of Clinical Epidemiology, Vol. 67, 56-64, 2014.

OPAS. ORGANIZAÇÃO PANAMERICANA DE SAÚDE. **Como EVIPNet apoia a utilização de conhecimento científico na tomada de decisão política em saúde?** 2016 [http://www.paho.org/bra/index.php?option=com\\_content&view=article&id=3143:como-evipnet-apoia-utilizacao-conhecimento-cientifico-tomada-decisao-politica-saude-&Itemid=455](http://www.paho.org/bra/index.php?option=com_content&view=article&id=3143:como-evipnet-apoia-utilizacao-conhecimento-cientifico-tomada-decisao-politica-saude-&Itemid=455). Acesso em: 24 de junho de 2019.

OXMAN, A. D.; LAVIS, J. N.; LEWIN, S.; FRETHEIM, A. **SUPPORT Tools for evidence-informed health Policymaking (STP) 1: what is evidenceinformed policymaking?** Health Research Policy and Systems. 2009;7(Suppl 1):S1.

PEREIRA, M. G. **Epidemiologia. Teoria e Prática.** Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan; 2010.

RAGHU, S. J.; RODRIGUES, L. **Aspectos comportamentais da gestão de resíduos sólidos: uma revisão sistemática.** Journal of the Air & Waste Management Association, 70:12, 1268-1302, 2020.

RAMOS, M. C.; SILVA, E.N. **Como usar a abordagem da Política Informada por Evidência na saúde pública?** Saúde em Debate | Rio de Janeiro, v. 42, n. 116, p. 296-306, jan-mar 2018.

SANTOS, C. M. da C.; PIMENTA, C. A. de M.; NOBRE, M. R. C. **A estratégia PICO para a construção da pergunta de pesquisa e busca de evidências.** Revista Latino-Americana de Enfermagem, 15(3), maio-junho 2007.

SHEA, B. J.; REEVES, B. C.; WELLS, G.; THUKU, M.; HAMEL, C.; MORAN, J.; MOHER, D.; TUGWELL, P.; WELCH, V.; KRISTJANSSON, E.; HENRY, D. A. **AMSTAR 2: a critical appraisal tool for systematic reviews that include randomised or non-randomised studies of healthcare interventions, or both.** Research Methods & Reporting. BMJ 358 : J4008, 2017.

SOARES, F. R.; MIYAMARU, E. S.; MARTINS, G. Desempenho ambiental da destinação e do tratamento de resíduos sólidos urbanos com reaproveitamento energético por meio da avaliação do ciclo de vida na Central de Tratamento de Resíduos - Caieiras. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 22, n.5, p. 993-1003, set/out 2017.

SOLIANI, R. D.; KUMSCHLIES, M. C. G.; SCHALCH, V. **A gestão de resíduos sólidos urbanos como estratégia de sustentabilidade.** Revista Espacios, 40(n.3) 0798 1015, 2019. Pg.9

SOLTANI, A.; SADIQ, R.; HEWAGE, K. **The impacts of decision uncertainty on municipal solid waste management.** Journal of Environmental Management, 197. P. 305-315, 2017.

STRAUS, S. E.; TETROE, J.; GRAHAM, I. **Defining knowledge translation.** Canadian Medical Association Journal, 181(3-4), DOI: 10.153/cmaj.081229, 2009.

VARJANI, S.; SHAH, A. V.; VYAS, S.; SRIVASTAVA, V. K. Processes and prospects on valorizing solid waste for the production of valuable products employing bio-routes: A systematic review. Chemosphere 282, 130954, 2021.

WHO Regional Office for Europe. **EVIPNet Europe: policy dialogue preparation and facilitation checklist.** Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2016. Disponível em: <[http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0017/323153/EVIPNET-PDpreparation-facilitation-checklist.pdf](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0017/323153/EVIPNET-PDpreparation-facilitation-checklist.pdf)> Acesso em: 18/07/2022.

WINDFELD, E. S.; BROOKS, M. S.-L. **Medical waste management - a review.** Journal of Environmental Management 163, 0301-4797. P. 98-108, 2015.

## APÊNDICES

### APÊNDICE A - PROTOCOLO PARA ELABORAÇÃO DE SÍNTESE DE EVIDÊNCIAS PARA POLÍTICAS

1. Título:		
Destinação Final de Resíduos Sólidos: uma Síntese de Evidências Sobre Opções de Política		
2. Palavras-chave (no máximo seis):		
Resíduos Sólidos, Destinação Final, Revisão Sistemática e Políticas Informadas por Evidências		
3. Data do início:	4. Data do fim:	
5. Financiamento:	<input type="checkbox"/> sim	<input checked="" type="checkbox"/> não
6. Conflitos de interesse:	<input type="checkbox"/> sim	<input checked="" type="checkbox"/> não
7. Equipe de pesquisa:		
Autores (as):	Instituição vinculada:	e-mail:
Layra Emily Rodrigues Dias	Universidade de Brasília	layraemily.dias@gmail.com
Maria Paula do Amaral Zaitune	Universidade de Brasília	mpzaitune@gmail.com
8. Objetivo:		
Definir as opções de tecnologias e ações para a destinação final dos resíduos sólidos em município da Amazônia Legal.		
9. Estratégia de priorização de problema a ser utilizada:		
O Brasil assumiu um compromisso internacionalmente em 2015, na cúpula das Nações Unidas, para colaborar para o alcance dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) - Agenda 2030, dentre os quais destacam-se: ODS 6 (água potável e saneamento), ODS 11 (cidades e comunidades sustentáveis), ODS 13 (ação contra a mudança global do clima) e ODS 15 (vida terrestre). Além disso, a Lei nº12.305, de 02 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, prevê que, no prazo de 4 (quatro) anos todos os rejeitos produzidos no Brasil devem ter uma destinação correta, bem como prevê também a desativação de todos os lixões a céu aberto existentes no país. Sendo assim, é um compromisso do Brasil adotar medidas que promovam o crescimento global sustentável e a redução dos impactos ambientais decorrentes da disposição inadequada de resíduos sólidos.		
10. Problema de saúde elencado:		

De acordo com Siqueira e Moraes (2009) os problemas ambientais também são problemas de saúde, evidenciando a necessidade de readequação dos padrões de vida da sociedade. A degradação do meio ambiente está fortemente vinculada ao comprometimento da saúde física, mental e social do indivíduo, sendo o homem parte do meio ambiente natural e sofrendo, portanto, com qualquer intervenção feita sobre ele. Do ponto de vista da destinação inadequada dos resíduos sólidos, que se transformam em habitat para a proliferação de vetores de doenças, além de contaminar solos, águas subterrâneas, superficiais e o ar, a estrutura epidemiológica da comunidade é fortemente afetada. Em relação as arboviroses, também relacionadas com o acúmulo de água em resíduos sólidos dispostos inadequadamente e com a falta de saneamento ambiental, dados do Ministério da Saúde (2022) revelam que no estado do Amazonas foram notificados 2.477 casos de dengue, com incidência de 58/100mil, 118 casos de chikungunya, ambos até a semana epidemiológica 24, e 103 casos de zika, até a semana epidemiológica 21.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Secretaria de Vigilância em Saúde. Boletim Epidemiológico. Volume 53, N° 24, Jun. 2022.

SIQUEIRA, M. M.; MORAES, M. S. Saúde coletiva, resíduos sólidos urbanos e os catadores de lixo. *Ciência & Saúde Coletiva*. 14(6): 2115-2122. 2009

11. Pergunta de pesquisa:

Quais as opções de tecnologias para a destinação final dos resíduos sólidos encontradas na literatura?

12. Estruturação da pergunta de pesquisa (Acrônimo escolhido e descrição da pergunta estruturada):

Acrônimo PIOS (P: população, I: intervenção, O: *outcomes*, desfecho S: Studies). Population: População afetada pela disposição inadequada de resíduos sólidos. Intervention: Processamento/Tratamento de Resíduos Sólidos; Gerenciamento de resíduos. Outcomes: Eliminação dos resíduos; Destinação Final Ambientalmente Adequada; Disposição Final Ambientalmente Adequada. Studies: Revisões Sistemáticas; Metanálises; Síntese de Evidências; Política Informada por Evidências.

13. Critérios de inclusão:	
1) Revisões Sistemáticas e metanálises publicadas em todos os idiomas e sem período de busca definido;	
2) Os termos “Solid Waste/WASTE, Technology/Technologies, Refuse Disposal, Waste Management, Systematic Review, metanalysis/Meta-analysis e MSW (Municipal Solid Waste/Solid Municipal Waste)” no título ou nos resumos;	
3) Estudos que tratam do manejo dos Resíduos Sólidos Urbanos e dos Resíduos dos Serviços de Saúde, contemplando as categorias que envolvem a destinação final: reutilização, reciclagem, compostagem, recuperação e aproveitamento energético e a disposição final; e	
4) Estudos que se relacionem com a questão de pesquisa.	
14. Critérios de exclusão:	
1) Estudos que contemplem categorias muito específicas de resíduos (industriais, agrícolas, da construção civil e de mineração);	
2) Estudos que não possuam os termos “Solid Waste/WASTE, Technology/Technologies, Refuse Disposal, Waste Management, Systematic Review, Metanalysis/Meta-analysis e MSW (Municipal Solid Waste/Solid Municipal Waste)” no título ou nos resumos;	
3) Estudos que se refiram ao manejo de águas residuais e ao saneamento;	
4) Estudos que tratem dos efeitos da disposição inadequada de resíduos sólidos na saúde humana;	
5) Estudos que tratem do assunto de maneira genérica e muito ampla; e	
6) Estudos que não se relacionem com o assunto abordado na questão de pesquisa.	
15. Bases de dados:	16. Literatura adicional
<input checked="" type="checkbox"/> PubMed	<input type="checkbox"/> Google Scholar web search
<input type="checkbox"/> EMBASE	<input type="checkbox"/> Open Gray
<input checked="" type="checkbox"/> Epistemonikos	<input type="checkbox"/> Consulta a agências ou redes internacionais
<input type="checkbox"/> Cochrane	<input type="checkbox"/> Banco de teses e dissertações da CAPES
<input type="checkbox"/> Scopus	<input type="checkbox"/> Busca manual de bibliografias
<input type="checkbox"/> LILACS	<input type="checkbox"/> Outras:
<input type="checkbox"/> BVS	
<input type="checkbox"/> Web of Science	
<input type="checkbox"/> Science Direct	
<input checked="" type="checkbox"/> Health Systems Evidence	
<input checked="" type="checkbox"/> Social Systems Evidence	

<input type="checkbox"/> Campbell				
<input type="checkbox"/> BIGG				
<input type="checkbox"/> JBI Institute Joanna Brigs Institute				
<input checked="" type="checkbox"/> Outras: 3IE (International Initiative for Impact Evaluation)				
17. Estratégia de Busca (Base padrão):				
Número	Bases de Dados	Estratégia de Busca	Resultado	Horário
1	PubMed	<p>((("Waste") OR ("Solid Waste") OR ("Solid Wastes") OR ("Solid-waste") OR ("Solid-Wastes") OR ("waste-collection")) AND (("Disposals") OR ("Disposal")) AND (("Technology") OR ("Technologies") OR ("recycling") OR ("management"))</p> <p>Filtro: Revisões Sistemáticas; Metanálises</p>	98	18/08/2022 11:18
2	Epistemonikos	<p>((("Waste") OR ("Solid Waste") OR ("Solid Wastes") OR ("Solid-waste") OR ("Solid-Wastes") OR ("waste-collection")) AND (("Disposals") OR ("Disposal")) AND (("Technology") OR ("Technologies") OR ("recycling") OR ("management"))</p> <p>Filtro: Revisões Sistemáticas</p>	48	01/08/2022 16:33
3	Health Systems Evidence	<p>((("Waste") OR ("Solid Waste") OR ("Solid Wastes") OR ("Solid-waste") OR ("Solid-Wastes") OR ("waste-collection")) AND (("Disposals") OR ("Disposal")) AND (("Technology") OR ("Technologies") OR ("recycling") OR ("management"))</p> <p>Filtro: Evidence Briefs for Policy; Overviews of systematic reviews; Systematic reviews of effects; Systematic reviews addressing other questions; Systematic reviews in progress; e Systematic reviews</p>	1	18/08/2022 13:21

		being planned.		
4	Social Systems Evidence	<p>((("Waste") OR ("Solid Waste") OR ("Solid Wastes") OR ("Solid-waste") OR ("Solid-Wastes") OR ("waste-collection")) AND (("Disposals") OR ("Disposal")) AND (("Technology") OR ("Technologies") OR ("recycling") OR ("management"))</p> <p>Filtros: Evidence Briefs for Policy; Overviews of systematic reviews; Systematic reviews of effects; Systematic reviews addressing other questions; Systematic reviews in progress; e Systematic reviews being planned.</p>	136	18/08/2022 13:45
5	3IE (International Initiative for Impact Evaluation)	<p>((("Waste") OR ("Solid Waste") OR ("Solid Wastes") OR ("Solid-waste") OR ("Solid-Wastes") OR ("waste-collection")) AND (("Disposals") OR ("Disposal")) AND (("Technology") OR ("Technologies") OR ("recycling") OR ("management"))</p> <p>Filtro: Revisões Sistemáticas</p>	23	18/08/2022 13:51
<p>Observação: As estratégias de busca de todas as bases deverão ser registradas na Síntese de Evidência para Política em seleção dos estudos incluídos</p>				

<p>18. Descrever o processo de seleção adicionando as informações sobre revisão cruzada, leitura independente, consensadas divergências e leitura completa dos estudos incluídos:</p>
<p>Para a utilização dos critérios de inclusão e exclusão, a avaliação dos estudos elegíveis será feita em duas etapas: a primeira pela leitura dos títulos e resumos, e a segunda pela leitura do texto completo. Na primeira etapa, a avaliação será feita obedecendo-se os critérios de inclusão e de exclusão e, excluindo-se, portanto, os estudos que se diferem dos tópicos abordados na pergunta de pesquisa. Seguirão para a segunda etapa, portanto, os artigos não excluídos na primeira, onde serão realizadas as leituras completas dos manuscritos. Ambas as etapas serão realizadas por uma dupla de revisores, de forma independente, sendo que as discordâncias serão resolvidas por consenso. De modo a minimizar a existência de erros, neste processo será utilizado o software Rayyan, ferramenta gratuita de apoio à seleção de estudos no contexto das revisões sistemáticas.</p>
<p>19. Ferramenta de avaliação de qualidade metodológica e do grau de confiança da evidência (Ex: AMSTAR – 2, Robis, Critical appraisal JBI, GRADE-CERQual e etc.)</p>
<p>A qualidade dos estudos será avaliada por dois autores independentemente, utilizando a ferramenta AMSTAR 2 (A MEASUREMENT TOOL TO ASSESS REVIEWS 2), composta por 16 perguntas que são julgadas com categorias das seguintes respostas: ser completamente adequado ("sim"); parcialmente adequado ("parcialmente sim"); inadequado ("não"); ou não aplicável. Essa é uma versão atualizada de uma ferramenta capaz de avaliar criticamente a qualidade metodológica de revisões sistemáticas de intervenções (LATORRACA et al., 2019).</p> <p>LATORRACA, C. O. C.; FERREIRA, R. E. S.; PAIVA, B. L. C de; CENTENO, R. S.; MARTIMBIANCO, A. L. C.; RIERA, R.; PACHECO, R. L. Qualidade metodológica de revisões sistemáticas sobre hipotermia terapêutica e/ ou terapia de resfriamento para lesão cerebral traumática. O Mundo da Saúde, São Paulo, Vol. 43(4), 996-1015, 2019.</p>
<p>20. Estratégia de síntese de dados (Relatar uma abordagem geral sobre o planejamento para o processo de extração dos resultados. Quando apropriado, deve ser dado um breve resumo da abordagem analítica)</p>
<p>Para a elaboração e descrição das opções para enfrentar a disposição inadequada de resíduos sólidos, foram extraídas dos estudos selecionados as informações pertinentes. Para isso, estes estudos foram classificados conforme as seguintes informações: 1) Benefícios; 2) Danos potenciais; 3) Custos ou custo-efetividade em relação à situação atual; 4) Incertezas em relação aos benefícios, danos potenciais e riscos, de modo que o monitoramento e avaliação sejam garantidas se a opção for implementada; 5) Principais elementos da opção (se ela já foi implementada/testada em outro lugar); e 6) Percepção dos sujeitos sociais (grupos de interesse) envolvidos na opção, quanto à sua efetividade.</p>

Fonte: Autoria própria.