

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNÓLOGICO  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL  
CURSO ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

Aline Sasha Schatzmann Friese

**Análise global do impacto da pandemia da Covid-19 na produção e gerenciamento de  
resíduos sólidos urbanos (RSU)**

Florianópolis

2022

Aline Sasha Schatzmann Friese

**Análise global do impacto da pandemia da Covid-19 na produção e gerenciamento de resíduos sólidos urbanos (RSU)**

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental do Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Orientador: Prof. Marcelo Seleme Matias, Dr.

Florianópolis

2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Friese, Aline Sasha Schatzmann  
Análise global do impacto da pandemia da Covid-19 na  
produção e gerenciamento de resíduos sólidos urbanos (RSU) /  
Aline Sasha Schatzmann Friese ; orientador, Marcelo Seleme  
Matias, 2022.  
86 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -  
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico,  
Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental,  
Florianópolis, 2022.

Inclui referências.

1. Engenharia Sanitária e Ambiental. 2. Resíduos sólidos  
urbanos. 3. Produção. 4. Gerenciamento. 5. Pandemia da  
Covid-19. I. Matias, Marcelo Seleme. II. Universidade  
Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia  
Sanitária e Ambiental. III. Título.

Aline Sasha Schatzmann Friese

**Análise global do impacto da pandemia da Covid-19 na produção e gerenciamento de resíduos sólidos urbanos (RSU)**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental” e aprovado em sua forma final pelo Curso Engenharia Sanitária e Ambiental

Florianópolis, 22 de março de 2022.

---

Prof. Maria Elisa Magri, Dr.  
Coordenadora do Curso

**Banca Examinadora:**

---

Eng. Marcelo Seleme Matias, Dr.  
Orientador  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Eng. Thaianna Elpídio Cardoso, Ma.  
Avaliadora  
Pesquisadora Coordenadora de Resíduos Sólidos do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

---

Eng. Keylla Pedroso, Ma.  
Avaliadora  
Universidade Federal de Santa Catarina

Dedico este trabalho aos meus pais e ao meu c4njuge, por sempre acreditarem em mim durante essa caminhada.

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, que em meio a tantas dificuldades na vida, nunca mediram esforços para me proporcionar o melhor. Viviane e Vagner, vocês são exemplos de fé, persistência e amor. Sidnei, você é exemplo de cuidado e carinho por meio de ações, obrigada por sempre estar presente. Essa conquista é de vocês!

Ao meu cônjuge Davi, que esteve ao meu lado desde o início da graduação e tornou tudo mais leve. Por todas as conversas de encorajamento, por ser meu maior admirador e parceiro, por aguentar meus surtos e pelas incontáveis comidinhas e mimos, principalmente neste último semestre.

Aos meus eternos amigos de graduação, Ana Laura, Clarissa, Pedro e Vinicius. Vocês tornaram meus dias mais alegres e fizeram com que tudo fosse mais fácil, sem vocês a graduação não teria graça.

Aos colegas e professores do curso, pelas trocas de conhecimento e aprendizado durante todos esses anos da graduação.

À Universidade Federal de Santa Catarina, que possibilitou a minha formação, gratuita e de qualidade, em Engenharia Sanitária e Ambiental.

E por fim, ao meu querido orientador Marcelo, por todo o suporte, apoio e confiança, mesmo com meus sumiços e momentos de insegurança.

*Saneamento básico, cacete, isso é o mínimo.*

(RAEL; CRIOLO, 2018)

## RESUMO

Com o crescimento demográfico, a urbanização e o modelo de desenvolvimento capitalista, ao longo dos anos houve um aumento na produção dos resíduos sólidos urbanos (RSU) em diversos países ao redor do mundo e o gerenciamento inadequado desses resíduos é considerado uma problemática mundial. Este cenário foi acentuado com o surgimento da pandemia da Covid-19, a qual impôs uma emergência global e levantou diversas dificuldades para o adequado gerenciamento dos RSU. Diante disso, este trabalho teve como objetivo analisar os principais impactos da pandemia da Covid-19 na produção e gerenciamento dos RSU em nível global. A metodologia foi baseada em uma pesquisa bibliográfica visando a identificação dos principais trabalhos já existentes sobre o tema. Para isso foram realizadas pesquisas em base de dados como ScienceDirect e Scopus, a qual resultou na seleção final de dezessete artigos, nos quais se baseia este trabalho. Os resultados demonstraram que a pandemia alterou a composição e a quantidade de resíduos, bem como a frequência e tempo de descarte. O incremento na produção de RSU esteve relacionado principalmente ao aumento de compras online e ao uso de plásticos descartáveis, que durante este período foi novamente aceito pela população devido a sensação de higiene e segurança, além dos resíduos relacionados à pandemia, como máscaras e luvas descartáveis. Os principais problemas enfrentados durante este período, no que se refere ao gerenciamento dos RSU, consistiram no descarte irregular de equipamentos de proteção individual (EPIs), paralisação do setor de reciclagem, falta de apoio e incentivo aos trabalhadores do setor informal e as dificuldades para implementação de coleta de resíduos perigosos nas residências, principalmente nos países em desenvolvimento. Em contraste com os problemas enfrentados no gerenciamento de RSU observados durante esta pandemia, foram apresentadas algumas recomendações e exemplos de boas práticas para um melhor gerenciamento desses resíduos. Ainda, quando analisadas as principais recomendações das diversas organizações citadas neste trabalho, a prevenção de resíduos raramente é mencionada como estratégia de gerenciamento dos RSU, sendo de extrema importância nesses casos, pois objetiva reduzir a quantidade de resíduos e evitar a sobrecarga dos sistemas de gerenciamento de resíduos sólidos municipais. Assim, as dificuldades apresentadas, bem como as recomendações e os exemplos de boas práticas discutidos neste trabalho, evidenciam a importância que deve ser dada para o setor de RSU, além de fornecer uma opção para abordagens alternativas e desenvolvimento de estratégias sustentáveis para mitigar os impactos da atual pandemia, bem como outras situações semelhantes no futuro.

**Palavras-chave:** Resíduos sólidos urbanos. Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos. Covid-19. Pandemia.

## ABSTRACT

Over the years, there has been an increase in the production of municipal solid waste (MSW) in several countries around the world related to demographic growth, urbanization and the capitalist development model and the inadequate management of waste, is considered a worldwide problem. This scenario was enhanced by the Covid-19 pandemic, that imposed a global emergency and raised several difficulties for the proper management of MSW. Therefore, this study aimed to analyze the main impacts of the Covid-19 pandemic on the production and management of MSW at a global level. The methodology was based on bibliographic research to identify the main existing works on the subject. For this, searches were carried out in databases such as ScienceDirect and Scopus, which resulted in the final selection of seventeen articles, on which this work is based. The results showed that the pandemic changed the composition and amount of waste, as well as the frequency and time of disposal. The increase in MSW production was mainly related to the increase in online purchases and the use of disposable plastics, which during this period was once again accepted by the population due to the feeling of hygiene and safety, in addition to waste related to the pandemic, such as disposable masks and gloves. The main problems faced during this period, regarding the management of MSW, involved the irregular disposal of personal protective equipment (PPE), the stoppage of the recycling sector, the lack of support and encouragement for workers in the informal sector, as well as the difficulties to implement the collection of hazardous waste in homes, especially in developing countries. In contrast to the problems faced in the management of MSW observed during this pandemic, some recommendations and examples of good practices for a better management of this waste were presented. Still, when analyzing the main recommendations of the various organizations mentioned in this work, waste prevention is rarely mentioned as a management strategy for MSW, being extremely important in these cases, as it aims to reduce the amount of waste and avoid overloading the MSW management systems. Thus, the difficulties mentioned, as well as the recommendations and examples of good practices discussed in this work, highlight the importance that should be given to the MSW sector, in addition to providing an option for alternative approaches and the development of sustainable strategies to mitigate the impacts of the current pandemic, as well as other similar situations in the future.

**Keywords:** Municipal solid waste. Municipal solid waste management. Covid-19. Pandemic.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Os Objetivos Globais de Gestão de Resíduos e sua relação com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).....	21
Figura 2 – Produção de resíduos sólidos urbanos em grupo de países da OECD (1.000 toneladas).....	23
Figura 3 – Panorama da geração de resíduos sólidos (kg/hab.ano) de países integrantes à OECD. ....	24
Figura 4 – Projeção global da produção de resíduos sólidos urbanos (1.000.000.000 toneladas). ....	25
Figura 5 – Projeção da produção de resíduos por grupo de renda.....	26
Figura 6 – Geração de resíduos sólidos domiciliares <i>per capita</i> (kg/pessoa.dia) no Brasil entre 2015 e 2017. ....	27
Figura 7 – Regressão linear segmentada da série de geração de resíduos sólidos domiciliares <i>per capita</i> (kg/pessoa.dia).....	28
Figura 8 – Geração diária total de resíduos sólidos domiciliares no Brasil. ....	28
Figura 9 – Projeção da geração total de resíduos sólidos no Brasil. ....	29
Figura 10 – Esquema de um modelo genérico de sistema de gerenciamento de resíduos. ....	35
Figura 11 – Evolução do tratamento de resíduos na União Europeia, entre o período de 2004 e 2018. ....	38
Figura 12 – Tratamento de resíduos por tipo de valorização e eliminação, na União Europeia no ano de 2018.....	39
Figura 13 – Características regionais de tratamento e destinação final de RSU nos Estados Unidos.....	40
Figura 14 – Comparação dos tipos de tratamento de RSU no Japão entre os anos 2000 e 2008. ....	41
Figura 15 – Porcentagem da população atendida com coleta domiciliar, por região do Brasil. ....	42
Figura 16 – Estimativa de disposição final de RSU no Brasil, em solo, no ano de 2020. ....	43
Figura 17 – Estimativa da massa de RSU do Brasil disposta em solo, no ano de 2020.....	44
Figura 18 – Classificação geral de uma pesquisa (em destaque a classificação da pesquisa em questão).....	45
Figura 19 – Fluxograma metodológico da pesquisa.....	47

Figura 20 – Infográfico relacionado a compra de alimentos embalados e compras online.....	53
Figura 21 – Obrigatoriedade e recomendações do uso de máscaras. ....	56
Figura 22 – Registros fotográficos de máscaras descartáveis encontradas da Ilha de Soko, Hong Kong. ....	61
Figura 23 – Registros fotográficos da disposição de resíduos em Bangladesh em (a) avental descartado após uso em frente ao hospital público de Chittagong; (b) luvas cirúrgicas usadas, sacos e outros itens de plástico descartável e (c) copos descartáveis dispostos na beira de estrada.....	62
Figura 24 – Diferentes tipos de resíduos e a persistência do coronavírus em sua superfície...	64
Figura 25 – Gestão de resíduos sólidos urbanos em países desenvolvidos. ....	65
Figura 26 – Gestão de resíduos sólidos urbanos em países em desenvolvimento.....	66
Figura 27 – Resumo das recomendações da ISWA para os trabalhadores/empregadores do setor de resíduos. ....	73
Figura 28 – Recipientes para coleta de EPIs nos municípios de Montreal, no Canadá (a) e Guimarães, em Portugal (b).....	74

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Resumo da evolução dos sistemas de tratamento de resíduos sólidos urbanos.....	36
Quadro 2 – Resumo das práticas adotadas no gerenciamento de resíduos sólidos, em diferentes regiões do mundo.....	36
Quadro 3 – Relação da literatura preliminar consultada. ....	48
Quadro 4 – Artigos selecionados para elaboração dos resultados e discussões. ....	49
Quadro 5 – Resumos dos relatórios e evidências de poluição por EPIs em ambientes naturais e urbanos em diferentes países. ....	62
Quadro 6 – Resumo de algumas das principais diretrizes de resposta e planos de orientação para a pandemia da Covid-19. ....	69
Quadro 7 – Medidas e recomendações para manuseio e gerenciamento de resíduos sólidos por organismos internacionais. ....	70

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores médios da produção de resíduos nacional por região em kg/hab./dia.....	25
Tabela 2 – Principais tecnologias de tratamento de RSU utilizadas nos EUA.....	40
Tabela 3 – Resumo dos resultados obtidos nas entrevistas sobre o consumo de alimentos e produção de resíduos. ....	54
Tabela 4 – Alterações na produção urbanos e a presença de EPIs nos resíduos sólidos urbanos. ....	54
Tabela 5 – Uso diário estimado de máscaras faciais no mundo com casos confirmados acumulados da Covid-19. ....	57
Tabela 6 – Produção de resíduos plásticos em Bangladesh no período de um mês durante o bloqueio ocasionado pela Covid-19 (26 de março a 25 de abril de 2020). ....	58
Tabela 7 – Volume estimado de resíduos médicos em cidades asiáticas selecionadas e a contribuição na rota dos RSU.....	59

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACR+	Associação de Cidades e Regiões para a Gestão Sustentável de Recursos
CDC	Centros de Controle e Prevenção de Doenças
CE	Comunidade Europeia
ECDC	Centro Europeu para Prevenção e Controle de Doenças
EPI	Equipamento de Proteção Individual
EUA	Estados Unidos da América
Eurostat	Gabinete de Estatísticas da União Europeia
ISWA	Associação Internacional de Resíduos Sólidos
ODS	Objetivos do Desenvolvimento Sustentável
OECD	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
OMS	Organização Mundial da Saúde
OSHA	Administração de Segurança e Saúde Ocupacional
PAYT	Pay-As-You-Throw
PCB	Bifenila Policlorada
PE	Polietileno
PEV	Ponto de Entrega Voluntária
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
RDO	Resíduos Sólidos Domiciliares
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
TMB	Tratamento Mecânico-Biológico
UE	União Europeia
USD	Dólar americano
USEPA	Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos
UV	Ultravioleta
UVGI	Irradiação ultravioleta germicida
WIEGO	Mulheres no emprego informal: Globalizar e organizar
WTE	Energia Derivada dos Resíduos
WTR	Recuperação dos Resíduos
WWF	World Wide Fund for Nature

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>17</b>
1.1	OBJETIVOS.....	19
<b>1.1.1</b>	<b>Objetivo Geral.....</b>	<b>19</b>
<b>1.1.2</b>	<b>Objetivos Específicos.....</b>	<b>19</b>
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>20</b>
2.1	RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU).....	20
2.2	PANORAMA GLOBAL SOBRE A PRODUÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS.....	22
2.3	GESTÃO E GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS.....	29
<b>2.3.1</b>	<b>Definições iniciais.....</b>	<b>29</b>
<b>2.3.2</b>	<b>Breve histórico.....</b>	<b>32</b>
<b>2.3.3</b>	<b>Sistemas de gerenciamento de resíduos.....</b>	<b>34</b>
2.3.3.1	<i>Práticas internacionais.....</i>	37
2.3.3.2	<i>Práticas nacionais.....</i>	41
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>45</b>
3.1	CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA.....	45
3.2	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	46
<b>3.2.1</b>	<b>Identificação das fontes.....</b>	<b>47</b>
<b>3.2.2</b>	<b>Leitura do material.....</b>	<b>48</b>
<b>3.2.3</b>	<b>Construção dos resultados.....</b>	<b>49</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>51</b>
4.1	COVID-19 E O IMPACTO NA PRODUÇÃO DE RSU.....	51
4.2	PROBLEMAS ENFRENTADOS NO GERENCIAMENTO DOS RSU DURANTE A PANDEMIA COVID-19.....	59
4.3	PRINCIPAIS RECOMENDAÇÕES E BOAS PRÁTICAS PARA O GERENCIAMENTO DOS RSU DURANTE A PANDEMIA COVID-19.....	69

<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>78</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>81</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Até a revolução industrial, os resíduos sólidos urbanos (RSU) gerados pela população eram em sua grande maioria orgânicos e em pequenas quantidades. Com o crescimento demográfico, a urbanização e o modelo de desenvolvimento capitalista, o ser humano criou um problema universal, a alta geração de resíduos sólidos sem nenhum controle ou preocupação ambiental (BARLES, 2014). Atualmente são produzidos resíduos inorgânicos que demoram milhares de anos para se decompor, alguns ainda sem tempo estimado, e a população mundial se aproxima dos oito bilhões de habitantes (WORLDMETER, 2021).

Os problemas sanitários e ambientais ocasionados pela disposição inadequada de resíduos são praticamente inevitáveis. Os lixões a céu aberto, por exemplo, são locais propícios para a atração de animais que acabam se tornando vetores de diversas doenças, especialmente para os catadores. Além disso, a disposição inadequada dos RSU contribui para a poluição do ar e é responsável pela degradação do solo e comprometimento dos corpos d'água e mananciais (LOURENÇO, 2019).

Ressalta-se assim, que um mau gerenciamento dos resíduos sólidos não resulta apenas em impactos ambientais, mas também no bem-estar da sociedade. À medida que soluções técnicas são adotadas, e quanto mais adequada for a operação dos sistemas de disposição final dos resíduos, menores são os impactos para a saúde pública e para o meio ambiente.

Diante deste cenário, a problemática dos resíduos passa a ser uma preocupação mundial, sendo contemplada no Pacto Global para o desenvolvimento sustentável integrante da Agenda 2030 e na Declaração com os 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), de forma que pelo menos 12 ODS e suas metas pertinentes, possuem uma ligação direta com o gerenciamento de resíduos sólidos (RODIĆ; WILSON, 2017).

A cada ano o mundo gera mais RSU, em 2016 foram gerados cerca de 2,01 bilhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos em todo o mundo e estima-se que em 2050 serão 3,40 bilhões de toneladas, ou seja, um aumento de quase 70 % na geração de RSU (KAZA *et al.*, 2018). Além disso, ainda nos tempos atuais, de acordo com Kaza *et al.* (2018), cerca de 33 % dos resíduos são despejados a céu aberto, ressaltando que os recursos técnicos e financeiros para solucionar os problemas ligados à gestão dos resíduos não cresceram na mesma proporção que a produção.

Devido ao surgimento da Covid-19, uma doença respiratória aguda causada pelo novo coronavírus (SARS-CoV-2), classificada oficialmente em março de 2020 pela Organização

Mundial da Saúde (OMS) como uma pandemia, a preocupação ambiental relacionada à crescente geração e a má gestão dos resíduos ficou ainda mais evidente. Durante a pandemia houve uma mudança drástica nas atividades rotineiras da maioria das pessoas, o que conseqüentemente ocasionou uma mudança nas tendências de resíduos gerados pela população.

Com o isolamento social houve um aumento significativo na demanda por serviços de entrega de alimentos, ocasionando um aumento no descarte de embalagens plásticas e de papéis (HANTOKO *et al.*, 2021). Além disso, com as medidas adotadas para contenção do vírus, a OMS estimou a necessidade de um incremento de 40 % na produção de equipamentos de proteção individual (EPI), como máscaras, luvas e desinfetantes para as mãos, para atender à crescente demanda global desses equipamentos (WHO, 2020). Diante da situação atual, a substituição do plástico descartável se tornou novamente aceita pela população sendo vista como uma medida de proteção.

Outro resultado foi a redução das atividades de reciclagem, tendo em vista que representam um risco a saúde dos trabalhadores em centros de reciclagem, uma vez que estes correm o risco de serem infectados através dos resíduos domésticos, os quais podem conter traços do vírus SARS-Cov-2. Dessa forma, muitos dos resíduos que seriam desviados, acabam sendo destinados aos aterros, diminuindo o reaproveitamento. Nos países em desenvolvimento, a situação é ainda mais preocupante, pois os resíduos são descartados, em sua grande parte, de forma inadequada, e os catadores de lixo sem nenhum equipamento de proteção, realizam a coleta desses resíduos, podendo espalhar o vírus e dificultar o rastreamento dos contatos (HANTOKO *et al.*, 2021).

Diante do exposto, os desafios na gestão e gerenciamento de resíduos durante a pandemia da Covid-19 são ainda maiores, sendo fundamental a coleta adequada de resíduos domésticos e de saúde, tanto para conter a propagação do vírus, como para diminuir os impactos ao meio ambiente. Assim, o objetivo geral deste trabalho é analisar os impactos da pandemia da Covid-19 na produção e gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos, sendo fundamentado em uma pesquisa bibliográfica sobre o tema.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

Analisar os impactos da pandemia da Covid-19 na produção e gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos em nível global.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Investigar, em nível global, as principais mudanças nos padrões de produção de resíduos sólidos urbanos durante a pandemia da Covid-19;
- Identificar os principais problemas enfrentados ao redor do mundo no gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos durante a pandemia da Covid-19;
- Apresentar, em nível global, as principais medidas tomadas no gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos durante a pandemia da Covid-19.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta seção tem como intuito apresentar uma fundamentação teórica sobre o tema desta pesquisa, de forma que seja possível compreender os conceitos e a problemática relacionada ao tema. Para isso, a seção foi dividida em três tópicos onde, inicialmente, será feita a definição do termo resíduo sólido urbano (RSU), em seguida, no segundo tópico, será apresentado um panorama global da produção de RSU e por fim, o último tópico irá abordar o gerenciamento dos RSU.

### 2.1 RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU)

O termo resíduo deriva do latim “*residuu*”, e significa sobra de determinada substância. A palavra sólido é acrescida para diferenciar de resíduos líquidos ou gasosos (LOURENÇO, 2019).

Na literatura, os resíduos sólidos podem ser definidos como quaisquer materiais – dentre uma grande variedade de materiais sólidos, bem como alguns líquidos acondicionados em recipientes – descartado ou rejeitado, inútil, sem valor ou em excesso, incluindo gases contidos, resultante de operações industriais, comerciais, de mineração e agrícolas, e das atividades comunitárias (TCHOBANOGLIOUS; KREITH, 2002).

Diante disso, o termo resíduo sólido urbano (RSU) é normalmente aplicado a uma coleção heterogênea de resíduos produzidos nas áreas urbanas, cuja natureza varia de região para região. De forma que, as características e quantidade de resíduos gerados não é resultado apenas do padrão e estilo de vida dos habitantes da região, mas também da abundância e tipo de recursos naturais disponíveis (UNEP, 2005).

Observa-se ainda que, no decorrer da história, os resíduos sólidos urbanos foram descritos como algo sujo, lixo, imundo (BARLES, 2014). Entretanto, atualmente, uma definição comum entre os gestores ambientais é de que os RSU são simplesmente recursos fora do lugar (KOLLIKATHARA; FENG; STERN, 2009).

No decorrer dos anos, as discussões internacionais relacionadas à complexidade, à quantidade e à periculosidade dos rejeitos decorrentes do ciclo de vida dos bens e dos serviços produzidos mostram a importância que se tem dado ao tema no que se refere à preservação da qualidade ambiental. Como reflexo disto, mais da metade dos 17 ODS propostos pelas Nações

Unidas para 2030, aprovados em setembro de 2015, possuem relação direta ou indiretamente com a temática dos resíduos sólidos e os Objetivos Globais da Gestão de Resíduos, essa relação pode ser observada na Figura 1, a seguir. Diante disso, observa-se a importância do tema e a necessidade de implementação de ações conducentes à melhoria da gestão e do gerenciamento dos resíduos sólidos, para que seja possível gerar as informações necessárias para monitorar o cumprimento das metas.

Figura 1 – Os Objetivos Globais de Gestão de Resíduos e sua relação com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

OBJETIVOS GLOBAIS DA GESTÃO DE RESÍDUOS		RELAÇÃO COM OS ODS	
<b>Garantir até 2020</b>	Garantir o acesso de todos a recursos adequados, serviços de coleta de resíduos sólidos seguros e acessíveis	 <b>3</b> Saúde e bem-estar	
		 <b>11</b> Cidades e comunidades sustentáveis	
	Eliminar o despejo descontrolado e a queima aberta	 <b>3</b> Saúde e bem-estar	
		 <b>6</b> Água potável e saneamento	
		 <b>11</b> Cidades e comunidades sustentáveis	
		 <b>12</b> Consumo e produção responsáveis	
		 <b>14</b> Vida na água	
		 <b>15</b> Vida terrestre	
	<b>Garantir até 2030</b>	Garantir a sustentabilidade e o respeito ao meio ambiente gestão de todos os resíduos, especialmente resíduos perigosos	 <b>7</b> Energia limpa e acessível
			 <b>12.4</b> Gestão de todos os resíduos
 <b>13</b> Ação contra a mudança global do clima			
Reduzir substancialmente a geração de resíduos por meio da prevenção e dos 3Rs (reduzir, reutilizar, reciclar) e, assim, criar empregos verdes		 <b>12.5</b> Os 3Rs (reduzir, reutilizar e reciclar)	
		 <b>8</b> Trabalho decente e crescimento econômico	
		 <b>1</b> Erradicação da pobreza	
		 <b>9</b> Indústria, inovação e infraestrutura	
Reduzir pela metade o desperdício global de alimentos per capita nos níveis de varejo e consumidor e reduzir as perdas de alimentos na cadeia de suprimentos		 <b>12.3</b> Desperdício de alimentos	
		 <b>2</b> Fome zero e agricultura sustentável	

Fonte: Adaptado de Wilson *et al.* (2015).

Para compreender a situação atual que o mundo se encontra em relação à temática dos resíduos sólidos, o tópico a seguir apresenta um panorama global sobre a produção de resíduos sólidos urbanos e traz uma estimativa da geração de resíduos até o ano de 2050.

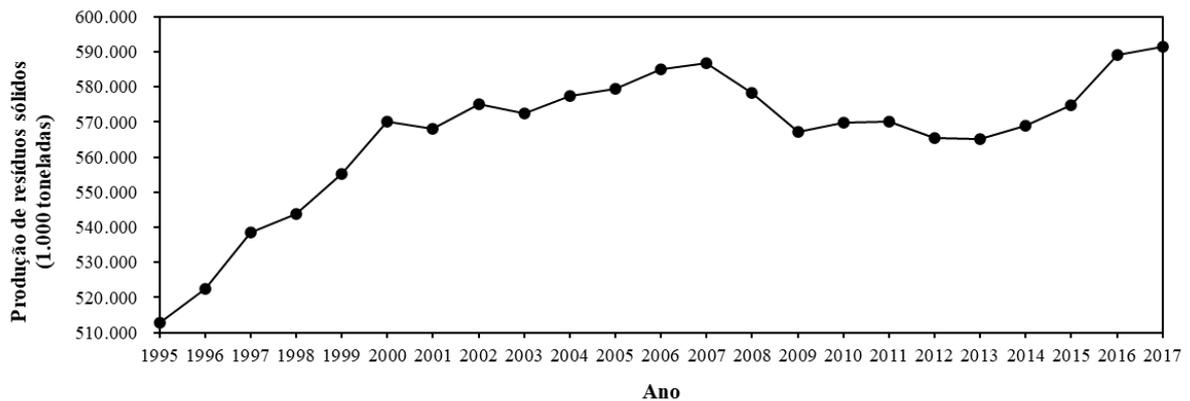
## 2.2 PANORAMA GLOBAL SOBRE A PRODUÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

As últimas décadas testemunharam um crescimento sem precedentes na demanda por matérias-primas em todo o mundo, sendo impulsionado pela rápida industrialização das economias emergentes e pelos altos níveis contínuos de consumo de materiais nos países desenvolvidos. Ao mesmo tempo, resíduos de todas as fontes continuam a crescer na maioria dos países, geralmente de acordo com o crescimento populacional e econômico, de forma que as quantidades de resíduos produzidos, sua composição e sua origem variam entre os países e se relacionam com a estrutura da economia e o nível de investimento em inovação e tecnologias mais limpas (OECD, 2020).

Com o intuito de apresentar um cenário quantitativo da produção global de resíduos sólidos ao longo dos anos, são apresentados dados publicados pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (em inglês: *Organisation for Economic Cooperation and Development* - OECD), a qual monitora, no conjunto de seus países-membros e outros países pontualmente, a quantidade de resíduos sólidos urbanos gerados anualmente. Os dados utilizados foram extraídos diretamente dos indicadores da OECD disponibilizados em seu site.

O período com a maior série sistemática de dados, englobando a maior quantidade de países inicia-se em 1995 até 2017. A Figura 2 mostra a quantidade de resíduos sólidos urbanos gerados entre os anos de 1995 e 2017, apresentados em mil toneladas por ano, ao ser aplicada a população sobre a geração *per capita* de cada país analisado, sendo os seguintes: Alemanha, Áustria, Bélgica, Coreia do Sul, Dinamarca, Eslováquia, Eslovênia, Espanha, Estados Unidos, Estônia, Finlândia, França, Grécia, Holanda, Hungria, Irlanda, Islândia, Itália, Japão, Letônia, Lituânia, Luxemburgo, Noruega, Polônia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Suécia, Suíça e Turquia.

Figura 2 – Produção de resíduos sólidos urbanos em grupo de países da OECD (1.000 toneladas).



Fonte: Adaptado de OECD (2022).

Através desse panorama (Figura 2), observa-se que o conjunto amostral chegou a contribuir para uma geração anual de aproximadamente 590 milhões de toneladas de resíduos no ano de 2017 e uma média de 566 milhões de toneladas por ano ao longo do período analisado. Ainda, analisando os últimos cinco anos, é possível evidenciar uma tendência de aumento na produção de resíduos sólidos entre o período de 2014 e 2017.

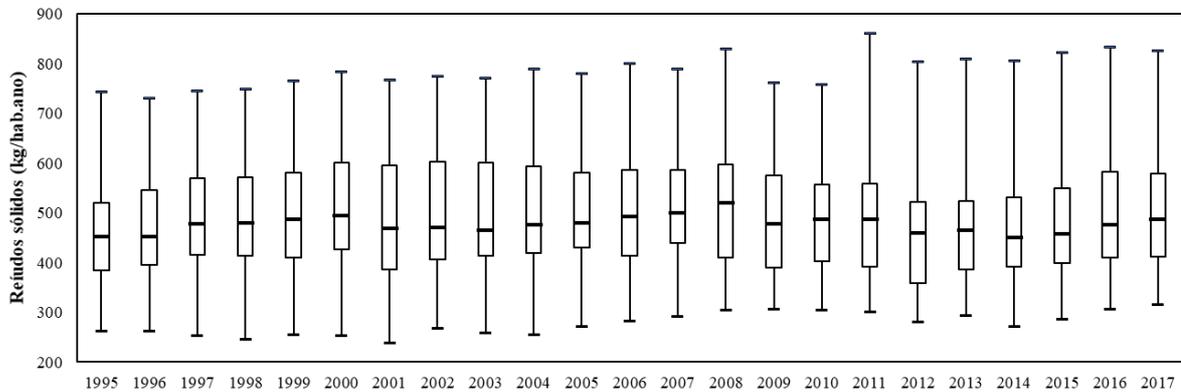
Outro fator a ser evidenciado é que, nesses dados, considera-se a quantidade de resíduos coletados tratados, registrados e informados pelas entidades municipais, de forma que seus valores podem ser ainda maiores. Esses dados contabilizam os resíduos domiciliares, incluindo resíduos volumosos, resíduos com características similares a esses e provenientes das atividades comerciais (escritórios, instituições e pequenas empresas), bem como resíduos de podas, limpeza e varredura de ruas e lixeiras públicas. Excluem-se dos valores apresentados, os resíduos dos serviços públicos de limpeza de redes e tratamento de esgoto municipais, também os resíduos das atividades de construção e demolição (OECD, 2022).

Além da análise da quantidade total de resíduos produzidos, é de extrema importância observar a produção anual de resíduos por habitante. A Figura 3 apresenta a produção *per capita* desses materiais ao longo de 22 anos, entre os anos de 1995 e 2017, em gráfico *boxplot*, sendo possível visualizar a distribuição encontrada no conjunto amostral.

Ao longo dos anos monitorados, observa-se que a produção *per capita* nos países analisados oscilou, aproximadamente, entre 240 e 860 kg/hab.ano se forem considerados os extremos da Figura 3. Ainda, quanto aos quartis, percebe-se que seus valores variaram aproximadamente entre 360 e 440 kg/hab.ano no primeiro quartil e entre 520 e 605 kg/hab.ano

no terceiro quartil, enquanto a mediana, segundo quartil, oscilou aproximadamente entre 450 e 520 kg/hab.ano.

Figura 3 – Panorama da geração de resíduos sólidos (kg/hab.ano) de países integrantes à OECD.

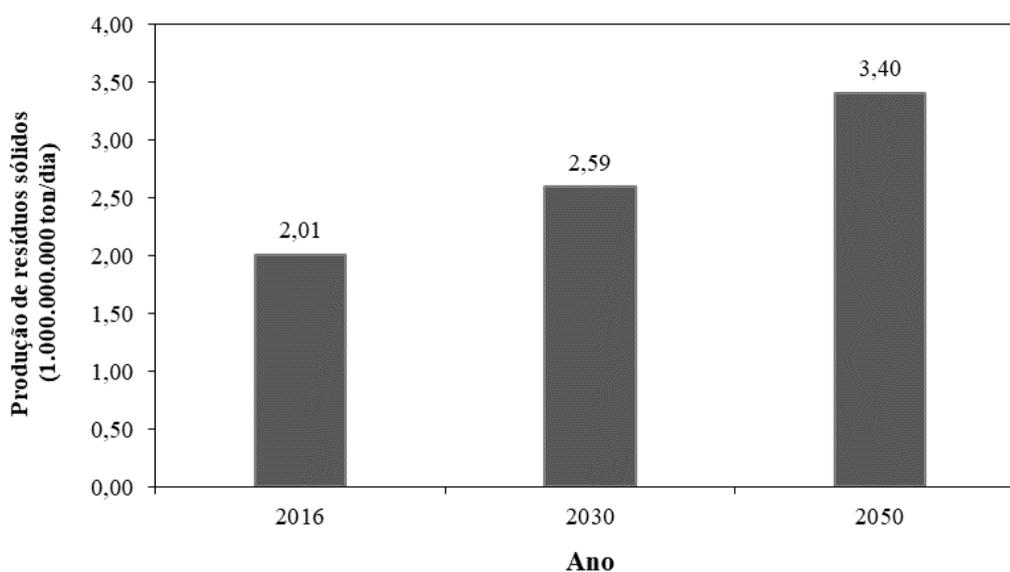


Fonte: Adaptado de OECD (2022).

Analisando os resultados, observa-se durante o período algumas tendências de queda e manutenção, tanto para a geração *per capita*, quanto para a geração total, entretanto, os dados mostram um aumento sistemático nesses valores (Figura 2). Ainda, através dos dados, é possível identificar uma tendência de diminuição do terceiro quartil do ano de 2008 ao ano de 2013, representando uma tendência de queda na produção *per capita* em 75 % das amostras. Porém, a partir de 2014 até 2017, percebe-se um aumento do terceiro quartil, acendendo um alerta e evidenciando a necessidade da implementação de medidas para frear esse crescimento na produção de resíduos, bem como de ações apropriadas para o gerenciamento dos mesmos.

Diante dessa preocupação, em 2018 o Banco Mundial realizou um estudo com base nos últimos dados disponíveis sobre o tema, no qual a produção global de resíduos em 2016 foi estimada em 2,01 bilhões de toneladas. Ainda, de acordo com as projeções realizadas, até o ano de 2030 espera-se que o mundo gere 2,59 bilhões de toneladas de resíduos anualmente, podendo chegar a 3,4 bilhões de toneladas até 2050 (KAZA *et al.*, 2018), um resumo das projeções pode ser observado na Figura 4.

Figura 4 – Projeção global da produção de resíduos sólidos urbanos (1.000.000.000 toneladas).



Fonte: Adaptado de Kaza *et al.* (2018).

O estudo também apresenta o comportamento da geração diária *per capita* de resíduos sólidos, bem como evidencia a relação entre a produção de resíduos com os níveis de renda, urbanização e desenvolvimento do país. Observa-se que no ano 2016, a região da América do Norte produziu a maior quantidade média *per capita* de resíduos, sendo que os três países que compõem a região são classificados como de alta renda. Por outro lado, as três regiões (África Subsaariana, Sul da Ásia e Leste da Ásia e Pacífico) que são compostas por países de baixa a média renda, tiveram os menores índices da produção média de resíduos *per capita* (KAZA *et al.*, 2018).

Adicionalmente, observa-se que variação na produção de resíduos por região durante o período foi bastante considerável, sendo de 0,11 a 4,54 kg/hab.dia, e a média global foi estimada em 0,74 kg/hab.dia (KAZA, *et al.*, 2018). A Tabela 1 apresenta o resumo da produção de resíduos diária *per capita* por região.

Tabela 1 – Valores médios da produção de resíduos nacional por região em kg/hab./dia.

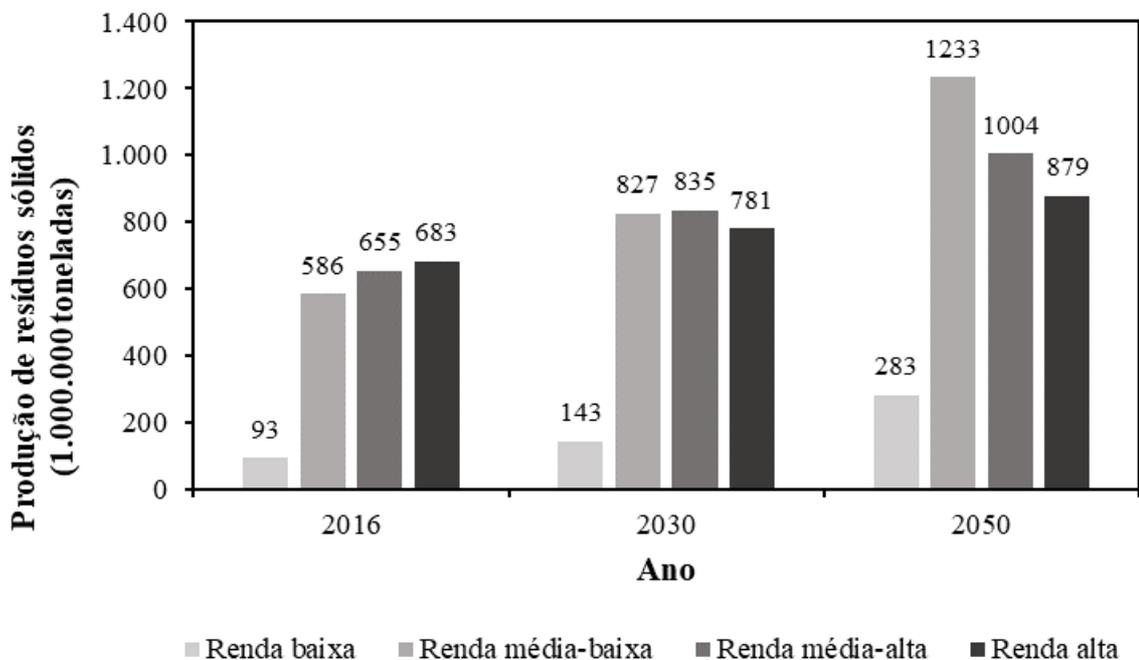
Região	Produção de resíduos sólidos (kg/hab.dia)		
	Média	Mínima	Máxima
África Subsaariana	0,46	0,11	1,57
Leste da Ásia e Pacífico	0,56	0,14	3,72
Sul da Ásia	0,52	0,17	1,44
Oriente Médio e Norte da África	0,81	0,44	1,83

Região	Produção de resíduos sólidos (kg/hab.dia)		
	Média	Mínima	Máxima
América Latina e Caribe	0,99	0,41	4,46
Europa e Ásia Central	1,18	0,27	4,45
América do Norte	2,21	1,94	4,54

Fonte: Adaptado de Kaza *et al.* (2018).

Olhando para o futuro, de acordo com as estimativas do estudo, prevê-se que os maiores aumentos na produção de resíduos irão ocorrer em países de baixa e média renda, onde espera-se um aumento de aproximadamente 40 % ou mais na produção diária de resíduos por habitante. Wilson *et al.* (2015), contextualiza isso ao mostrar a relação existente entre o nível de renda dos países, traduzida através da Renda Nacional Bruta, expressa em dólar americano (USD), e a geração *per capita* de resíduos sólidos municipais, ou seja, quanto maior o primeiro atributo, maior será a geração. Ainda, espera-se que a quantidade total de resíduos nesses países aumente em mais de três vezes em 2050, sendo possível observar essa projeção na Figura 5, a seguir.

Figura 5 – Projeção da produção de resíduos por grupo de renda.

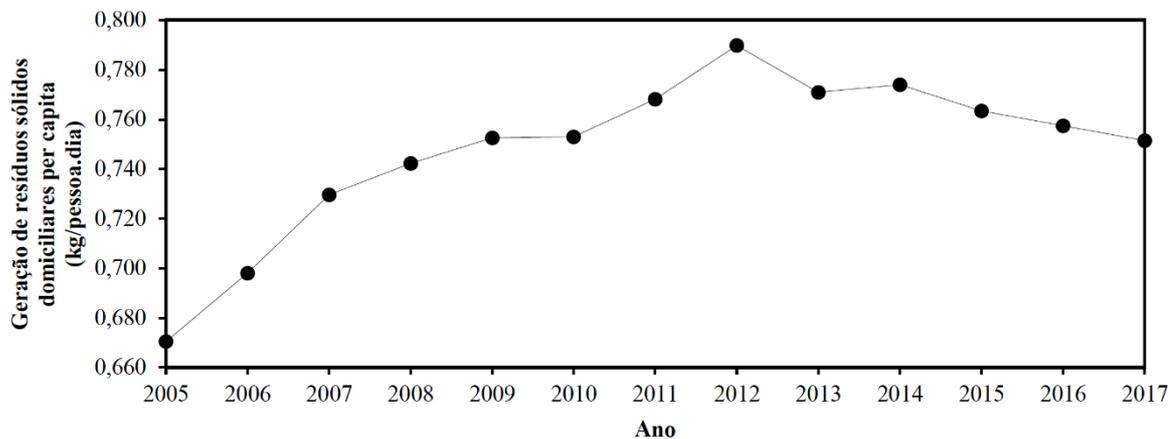


Fonte: Adaptado de Kaza *et al.* (2018).

Especificamente para América Latina e Caribe, é estimado que a média da geração de resíduos sólidos passe de 0,99 kg/hab.dia em 2016 (231 milhões de toneladas) para aproximadamente 1,30 kg/hab.dia em 2050 (369 milhões de toneladas) (KAZA *et al.*, 2018). Trazendo o foco para o Brasil, em um artigo publicado por Matias *et al.* (2021a), foi avaliada a taxa de geração de resíduos sólidos domiciliares (RDO)<sup>1</sup> no país no período de 2005 a 2017. Os resultados sobre a taxa de geração *per capita* no Brasil são apresentados na Figura 6, onde foi possível observar um aumento de 2005 (0,670 kg/pessoa.dia) para 2012 (0,795 kg/pessoa.dia). Ainda, percebeu-se que a partir de 2012 houve uma queda na taxa de crescimento, evidenciando uma diminuição na geração de resíduos sólidos domiciliares *per capita*.

Para avaliar a diminuição da taxa de geração *per capita* de RDO observada em 2012, Matias *et al.* (2021a) realizou uma regressão segmentada (Figura 7) com o intuito de identificar uma mudança estatisticamente significativa no seu comportamento. As regressões calculadas apresentaram *breakpoint* com significância estatística em 2011.72, entre 2010.637 (ago/2010) e 2012.798 (out/2012), exatamente no período subsequente em que a Política Nacional de Resíduos Sólidos Urbanos (PNRS) entrou em vigor.

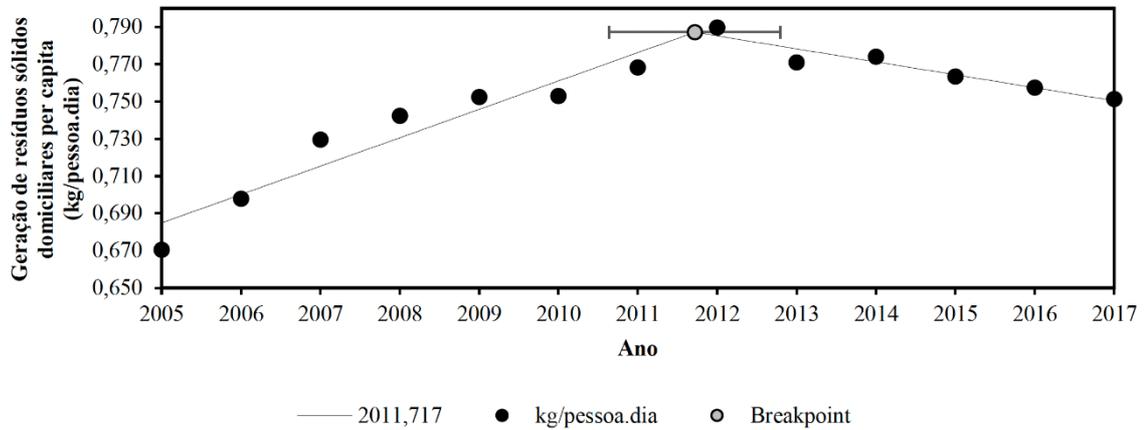
Figura 6 – Geração de resíduos sólidos domiciliares *per capita* (kg/pessoa.dia) no Brasil entre 2005 e 2017.



Fonte: Matias *et al.* (2021a).

<sup>1</sup> A referência legal brasileira define resíduos sólidos domiciliares (RDO) como materiais originários de atividades domésticas em residências urbanas (BRASIL, 2010). Os resíduos sólidos domiciliares compõem, junto com resíduos originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana, os resíduos sólidos urbanos.

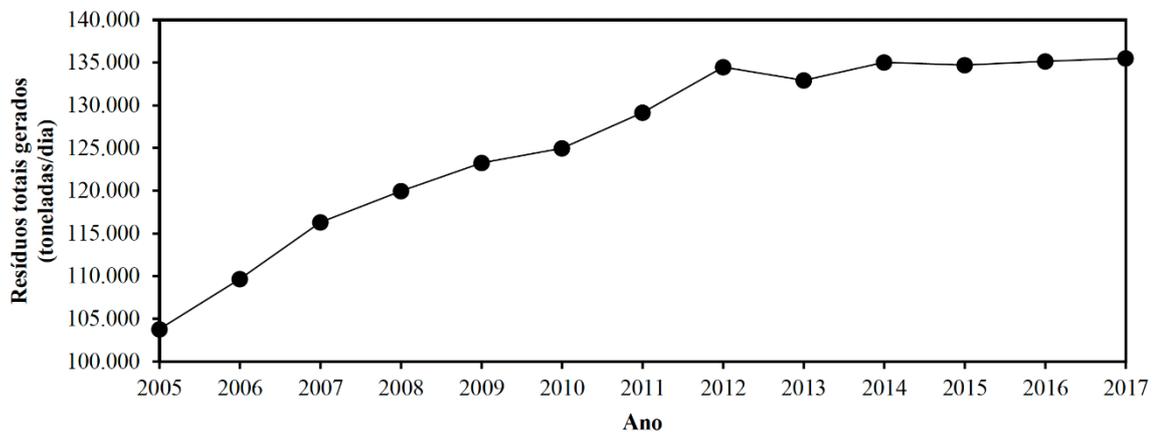
Figura 7 – Regressão linear segmentada da série de geração de resíduos sólidos domiciliares *per capita* (kg/pessoa.dia).



Fonte: Matias *et al.* (2021a).

Ainda, a Figura 8 apresenta a evolução estimada da massa total de RDO (ton/dia) gerados no Brasil. Com base nos resultados obtidos por Matias *et al.* (2021a), tem-se que em 2012 foram geradas 134,49 mil toneladas por dia de RDO em áreas urbanas do Brasil, e em 2017 esse número aumentou para 135,51 mil toneladas por dia.

Figura 8 – Geração diária total de resíduos sólidos domiciliares no Brasil.

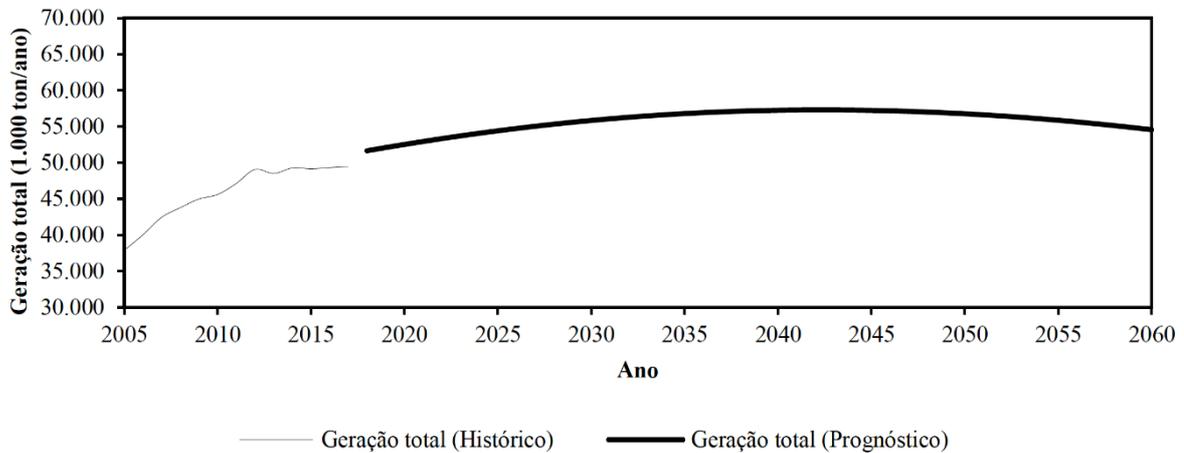


Fonte: Matias *et al.* (2021a).

Complementarmente, a Figura 9 apresenta uma projeção da geração total de resíduos sólidos no Brasil. Para a avaliação, Matias (2021b) tomou como parâmetros a expectativa de crescimento populacional brasileira, sua taxa populacional urbana, bem como a geração *per capita* resultante da análise apresentada. Diante disso, observou-se que o Brasil apresentará

inflexão na geração total de resíduos sólidos anual somente no ano de 2042, quando atingirá 57,3 milhões de toneladas de resíduos ao ano.

Figura 9 – Projeção da geração total de resíduos sólidos no Brasil.



Fonte: Matias (2021b).

Assim, através do cenário apresentado neste tópico, evidencia-se que, apesar dos resultados apresentarem uma melhoria nos índices de geração *per capita*, tanto no Brasil, como observado no panorama global apresentado, o gerenciamento de resíduos sólidos ainda carece de ações estruturais e estruturantes, tendo em vista a projeção de geração global de resíduos evidenciada. Dessa forma, o próximo tópico irá abordar o tema gestão e gerenciamento de resíduos sólidos urbanos, desde conceitos até um panorama atual, dada sua importância para esta pesquisa.

## 2.3 GESTÃO E GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

### 2.3.1 Definições iniciais

Atualmente, as cidades e seus cidadãos utilizam uma série de tecnologias, políticas e comportamentos para controlar os impactos negativos de seus resíduos e encontrar formas de reaproveitamento para os mesmos. Essa combinação de métodos constitui a gestão de resíduos (VERGARA; TCHOBANOGLIOUS, 2012).

Na língua portuguesa existe uma diferenciação entre os termos gestão e gerenciamento, o que não ocorre na língua inglesa, a qual usa ambas as palavras com o mesmo

significado. Por gestão entende-se o estabelecimento de políticas, normas, leis e procedimentos relacionados. Já o gerenciamento é o processo de implantação das políticas e das estratégias para o desenvolvimento e execução das ações definidas pelas políticas de gestão (ARAÚJO, 2002).

No Brasil, a gestão dos resíduos sólidos é definida como os processos de definição da estrutura física e administrativa para realizar o gerenciamento dos resíduos sólidos; de instrumentos políticos, regulatórios e econômicos; de metas, prazos, alocação de recursos, entre outros (DIAS NETO, 2009). Ainda, Lourenço (2019) destaca que a gestão de resíduos sólidos está associada com o controle de produção, armazenagem, descarte, coleta, transferência e transporte, tratamento e disposição final dos RSU, de forma a atender os princípios de saúde pública, economia, engenharia, conservação, estética e outras considerações ambientais.

Já quanto ao gerenciamento de resíduos sólidos, de acordo com Günther (2008), entende-se como as etapas operacionais que vão desde a geração até a disposição final. Por se tratar de etapas operacionais, o gerenciamento dos resíduos sólidos sempre esteve ligado a questões de engenharia (civil, sanitária e mais recentemente ambiental), buscando solucionar o problema do afastamento dos resíduos produzidos no meio urbano, mediante uma logística de implantação de sistemas de coleta, transporte, tratamento e disposição final com o mínimo de impacto ambientais.

Ou seja, gerenciar significa acompanhar de forma criteriosa todo o ciclo dos resíduos, da geração à disposição final, empregando as técnicas e tecnologias mais compatíveis com a realidade local, promovendo condições adequadas para um destino final ambientalmente seguro, tanto no presente como no futuro. Em síntese, é o conjunto de ações técnico-operacionais que visam implementar, orientar, coordenar, controlar e fiscalizar os objetivos estabelecidos na gestão (JUCÁ *et al.*, 2014).

Na escala global, a organização das Nações Unidas reconhece a importância do tema gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos e suas consequências para a saúde pública, qualidade de vida e meio ambiente, especialmente quando não há gerenciamento adequado, conforme apontado no relatório “*Solid Waste Management in The World's Cities*” (UN-HABITAT, 2010). Este relatório aponta oito riscos evidentes para a saúde das populações quando os sistemas de RSU são mal geridos, o que se evidencia em países em desenvolvimento:

- As populações são expostas a mais riscos em países em desenvolvimento devido a presença de maior quantidade de matéria orgânica nos RSU que podem conter

materiais em decomposição, contendo bactérias, elementos infecciosos e perigosos. A falta de padronização no acondicionamento e a irregularidade na coleta dos resíduos expõem as populações a maiores riscos;

- Trabalhadores dos setores de limpeza formal e informal também são mais expostos aos riscos porque, em muitos casos, as condições de higiene e do gerenciamento dos RSU são precárias;
- Os riscos para a população em geral estão diretamente associados ao acúmulo de resíduos sólidos nas ruas e terrenos baldios que propiciam o surgimento de hospedeiros com vetores transmissores de doenças;
- Os resíduos sólidos urbanos não coletados provocam obstrução de drenagens urbanas e naturais e, conseqüentemente, a estagnação de águas produz ambientes propícios para a proliferação de mosquitos; contribuem para a contaminação das águas utilizadas para abastecimento humano e para dessedentação animal. Especialmente nos países tropicais (altas temperaturas e grande umidade), a matéria orgânica tem seu processo de degradação mais acelerado, gerando chorume que afeta diretamente diversos ecossistemas devido a sua infiltração no solo e, conseqüentemente, mananciais superficiais e subterrâneos;
- Animais que são criados soltos em zonas periféricas podem se alimentar de restos de resíduos orgânicos em decomposição e podem se tornar vetores transmissores de doenças, quando sua carne ou leite são ingeridos pelo ser humano;
- As crianças são mais vulneráveis aos riscos associados aos resíduos sólidos urbanos gerenciados inadequadamente pois brincam em áreas de beira de córregos e terrenos baldios, onde podem existir resíduos contaminados com parasitas, vírus e bactérias. Além disso, possuem taxa de respiração mais rápida, o que as torna mais suscetíveis, quando comparadas aos adultos, a riscos respiratórios, no caso de inalação de gases tóxicos, absorção química e queimaduras;
- O metabolismo de desintoxicação e excreção de toxinas das crianças não está totalmente desenvolvido e, portanto, em caso de ingestão de substâncias tóxicas que podem estar presentes no RSU, os efeitos são maiores, se comparados em adultos;

- A importação dos resíduos sólidos pelos países pobres aumenta os riscos de geração de enfermidades nas populações receptoras pois existem mais indivíduos sobrevivendo da coleta e separação dos RSU.

Diante disso, observa-se a importância do gerenciamento de resíduos sólidos, sendo um dos serviços essenciais que sustentam a sociedade no século XXI, particularmente em áreas urbanas. A gestão e o gerenciamento de resíduos é uma necessidade humana básica e também pode ser considerada um “direito humano básico”. Apesar disso, os esforços públicos e políticos relacionados a temática dos resíduos sólidos urbanos é muitas vezes inferior ao de outros serviços de utilidade pública. Infelizmente, as consequências de fazer pouco ou mesmo nada para lidar com a problemática dos resíduos podem ser muito onerosos para a sociedade e para a economia em geral (WILSON, 2015).

No subtópico a seguir será apresentado um breve histórico sobre a gestão e o gerenciamento dos resíduos sólidos ao redor do mundo, de forma a facilitar a compreensão do contexto atual da temática.

### **2.3.2 Breve histórico**

Historicamente, nas cidades antigas, os resíduos eram jogados em ruas e estradas não pavimentadas, ou até mesmo em corpos hídricos, onde eram deixados para acumular. A realidade na maioria das cidades era viver entre o lixo e a miséria. Tanto nas cidades de Atenas quanto em Roma, os montantes de resíduos só eram realmente melhor alocados fora das cidades quando sua defesa se via ameaçada pelos oponentes, que podiam simplesmente escalar as pilhas de lixo e ultrapassar os muros das cidades (WORRELL; VESILIND, 2012).

No entanto, em 320 a.C., em Atenas, foi estabelecida a primeira lei conhecida proibindo essas práticas de disposição de resíduos. Na mesma época, um sistema de remoção de resíduos começou a evoluir na Grécia, e nas cidades dominadas pelos gregos do Mediterrâneo Oriental (NATHANSON, 2020).

Este cenário pode ser considerado uma exceção, pois as ruas das cidades na Idade Média eram cobertas por uma lama fétida, água estagnada, lixo doméstico e excrementos de pessoas e animais, criando condições muito favoráveis à disseminação de vetores e doenças. Como exemplo, pode-se citar a Peste Negra, que atingiu a Europa no século XIV, e reduziu

drasticamente a população, a qual pode ter sido parcialmente ocasionada pelos resíduos orgânicos acumulados nas ruas (TCHOBANOGLIOUS; KREITH, 2002).

Com a chegada da Revolução Industrial, um grande contingente de pessoas voltou a concentrar-se nas áreas urbanas, dessa forma, as demandas por alimento e matérias primas diversas cresceram rapidamente, tanto nas indústrias como no setor agrícola, levando a percepção de que os resíduos urbanos poderiam ser reencaminhados a estes setores. Devido as práticas que se seguiram desta necessidade, este pode ser considerado o início da valorização dos resíduos e aparecimento dos primeiros atores sociais responsáveis por coletar aquilo que poderia ser vendido (WILSON, 2007).

A partir do século XVIII a coleta de resíduos começou a se configurar em algumas das principais cidades do mundo. Como exemplo, a coleta municipal de lixo iniciada no final do século em Boston, Nova York e Filadélfia. No entanto, os métodos de eliminação de resíduos ainda eram muito precários. O lixo coletado na Filadélfia, por exemplo, era simplesmente despejado no Rio Delaware, a jusante da cidade. Foi apenas na última parte do século XIX que surgiram abordagens mais tecnológicas no gerenciamento dos resíduos sólidos. As latas de lixo à prova d'água e veículos mais robustos usados para coletar e transportar os resíduos, foram introduzidos pela primeira vez nos Estados Unidos. Outro desenvolvimento significativo, relacionadas às práticas de tratamento e disposição de resíduos sólidos, foi a construção do primeiro incinerador de resíduos da Inglaterra, em 1874 (NATHANSON, 2020).

No início do século XX, apenas 15% das principais cidades americanas incineravam seus resíduos, e o restante ainda usava métodos primitivos de descarte, como despejo a céu aberto em solo ou em cursos hídricos. Os avanços tecnológicos continuaram durante a primeira metade do século, incluindo o desenvolvimento de trituradores de lixo, caminhões de compactação e sistemas de coleta pneumáticos. Em meados do século XX, ficou evidente que o despejo a céu aberto e a incineração inadequada de RSU estavam causando problemas de poluição e prejudicando a saúde pública (NATHANSON, 2020).

Com isso, tem-se o surgimento dos aterros sanitários, os quais foram desenvolvidos para substituir a prática de despejo a céu aberto e reduzir a dependência da incineração de resíduos. Em muitos países, os resíduos foram divididos em duas categorias, perigosos e não perigosos de forma a minimizar os riscos à saúde pública e ao meio ambiente. Novos incineradores foram equipados com dispositivos de controle de poluição do ar para atender aos rigorosos padrões de qualidade do ar. Os sistemas modernos de gerenciamento de resíduos sólidos, na maioria dos países desenvolvidos, agora enfatizam a prática de reciclagem e redução

de resíduos na fonte, em vez de incineração e descarte em aterros sanitários (NATHANSON, 2020).

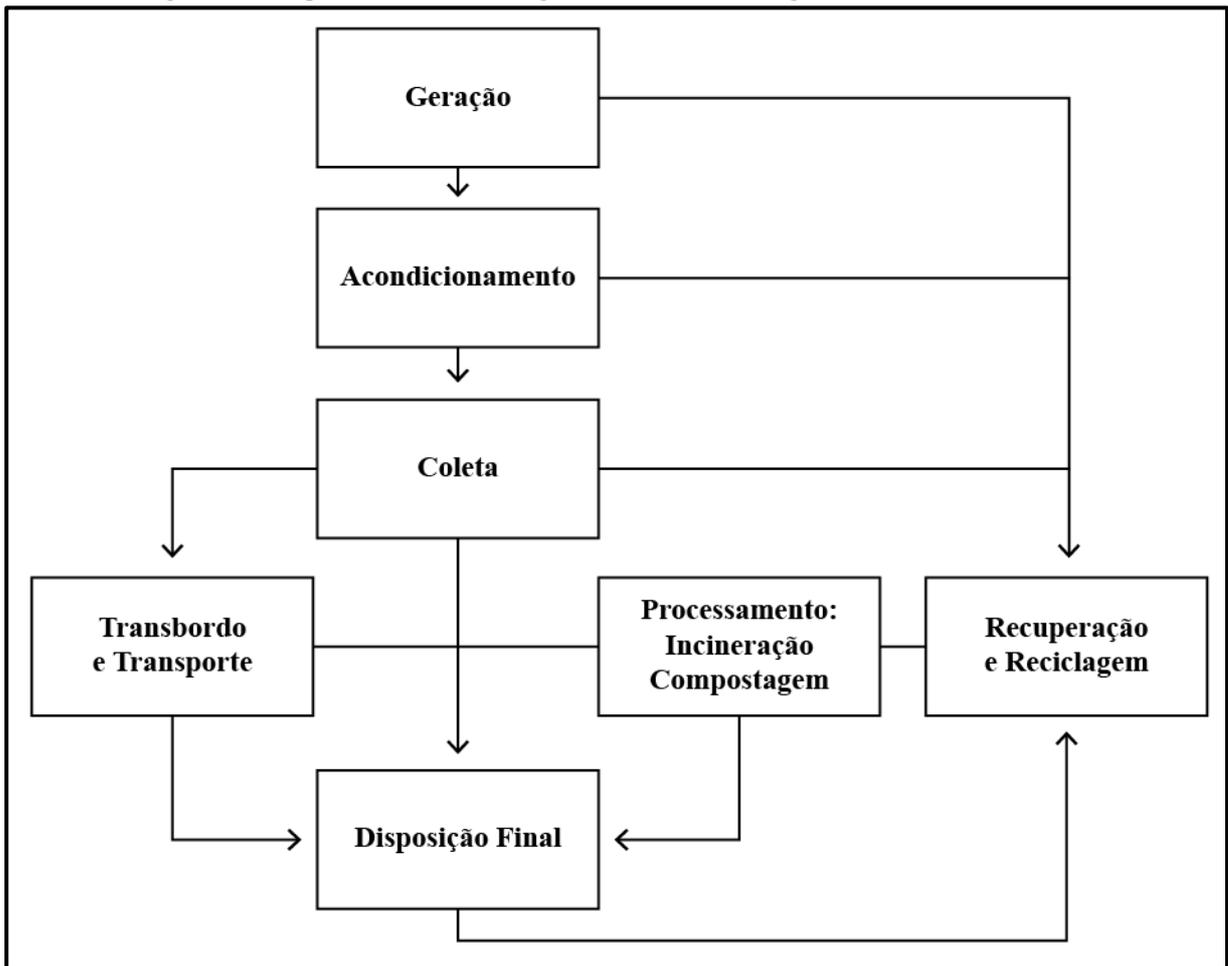
A seguir, é apresentado um breve resumo sobre as principais práticas e sistemas de gerenciamento de resíduos sólidos utilizados ao redor do mundo.

### **2.3.3 Sistemas de gerenciamento de resíduos**

Os fluxos de resíduos, métodos de coleta, tratamento e disposição de resíduos são combinados em sistemas práticos de gerenciamento, os quais variam de região para região, uma vez que são definidos pelos hábitos da população, nível socioeconômico e disponibilidade de recursos financeiros, pelas características políticas e de governança, que definem as estratégias de gestão e pelas características físicas dos resíduos, que interferem na escolha das tecnologias de tratamento (LEAL FILHO, 2016; MATIAS, 2021b). No entanto, Ramachandra (2006) propõe um modelo genérico contendo os elementos básicos de um sistema de gerenciamento, sendo possível aplicá-lo em qualquer região, independente de seu nível de desenvolvimento (apud MATIAS, 2021b). A Figura 10 apresenta o modelo genérico proposto.

Ainda, apesar dos diferentes sistemas existentes, a hierarquia de resíduos, como filosofia subjacente à política de resíduos, é amplamente aceita no mundo e classifica as opções de gerenciamento de resíduos em uma ordem de prioridades, sendo: não geração e redução; reuso; reciclagem; recuperação energética; tratamento; e disposição final. Nesta hierarquia a preferência é não gerar resíduos, embora isso esteja, muitas vezes, fora das políticas e regulamentos de determinados países. No entanto, quando há realmente um desperdício, a ação preferida é a reutilização, seguida da reciclagem do material (incluindo o tratamento biológico em que os nutrientes são reutilizados) e outros processos de recuperação energética, e em último caso, a disposição em aterros (LEAL FILHO *et al.*, 2016).

Figura 10 – Esquema de um modelo genérico de sistema de gerenciamento de resíduos.



Fonte: Ramachandra (2006 apud Matias, 2021b).

Wilson (2007) ressalta que soluções de gerenciamento de resíduos em uma região podem não ser apropriadas em outros lugares. A recuperação energética e a digestão anaeróbica, por exemplo, são usadas em muitos países desenvolvidos, no entanto, são limitadas nos países em desenvolvimento, devido aos seus altos custos e aos rigorosos requisitos operacionais associados (apud MARSHALL; FARAHBAKHSH, 2012).

No decorrer dos anos, diversas tecnologias de tratamento foram surgindo para os diferentes tipos de resíduos. O tratamento de RSU possui como finalidade promover a diminuição da carga poluidora ao meio ambiente, reduzir os impactos negativos ocasionados pelo homem, além de permitir o beneficiamento econômico, sendo realizado através de uma série de procedimentos físicos, químicos e biológicos (JUCÁ *et al.*, 2014). O Quadro 1 apresenta as principais formas de tratamento de resíduos, tipo de processo, evolução, principais produtos, bem como suas evoluções tecnológicas.

Quadro 1 – Resumo da evolução dos sistemas de tratamento de resíduos sólidos urbanos.

Sistemas básicos	Processos	Evolução	Produtos	Inovação
Triagem	Físico	Coleta seletiva, tratamento mecânico-biológico (TMB)	Matéria-prima para reciclagem e energia	Recuperação dos resíduos (waste to resources – WTR), energia derivada dos resíduos (waste to energy – WTE)
Tratamento biológico	Biológico	Biodigestores anaeróbios, compostagem	Composto orgânico e energia	Agricultura e energia derivada dos resíduos (waste to energy – WTE)
Incineração	Físico-químico	Tratamento térmico	Vapor e energia elétrica	Energia derivada dos resíduos (waste to energy – WTE)
Aterros sanitários	Físico, químico e biológico	Reator anaeróbio, tratamento de matéria orgânica	Biogás (energia) e lixiviado	Energia derivada dos resíduos (waste to energy – WTE) e fertilizantes

Fonte: Jucá *et al.* (2014).

Com o intuito de oferecer uma compreensão mais ampla de como as diferentes regiões/países lidam com seus resíduos, o Quadro 2 a seguir, apresenta de forma resumida as principais práticas adotadas no gerenciamento de resíduos sólidos, sendo possível observar claramente as discrepâncias entre as regiões. Posteriormente será dado um rápido panorama de como essas técnicas se distribuem em diferentes países, dividindo este tópico em dois subtópicos, práticas internacionais e práticas nacionais.

Quadro 2 – Resumo das práticas adotadas no gerenciamento de resíduos sólidos, em diferentes regiões do mundo.

Região	Principais tecnologias/práticas	Impacto ambiental do método de tratamento	Custo
Países em desenvolvimento (África, Ásia e América Latina)	Despejo a céu aberto	Muito alto	-
	Evoluindo para aterros sanitários	Alto	Baixo
	Incineração limitada (apenas em alguns países, como a China)	Médio	Alto
Europa Oriental (Rússia, Ucrânia e Bielorrússia)	Aterros sanitários	Alto	Médio
	Reciclagem limitada	Médio/Baixo	Médio
União Europeia	Evoluindo para extinção de aterros sanitários	Alto	Baixo
	Reciclagem e compostagem	Baixo	Médio
	Tratamento mecânico biológico (TMB) / Incineração	Médio	Alto
	Aumento da digestão anaeróbica	Alto	Médio

América do Norte e Austrália	Aterros sanitários	Alto	Médio
	Reciclagem	Baixo	Médio
	Baixas taxas de incineração, tratamento mecânico biológico (TMB) e digestão anaeróbica	Médio	Alto
Japão	Incineração	Médio	Alto
	Reciclagem	Baixo	Médio
	Aterro sanitário (rejeitos)	Alto	Médio

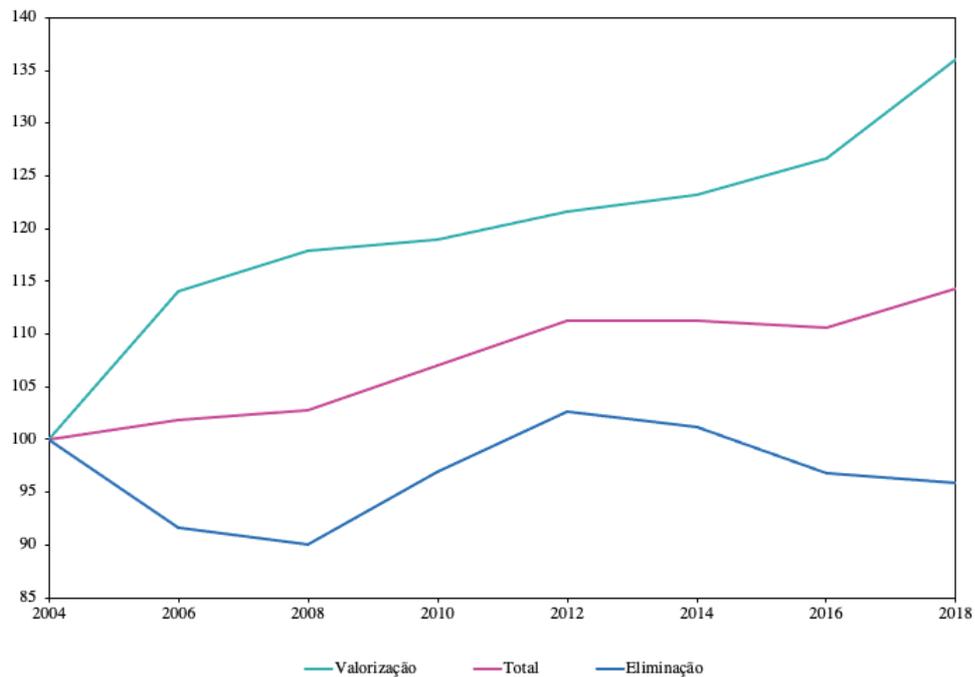
Fonte: Leal Filho *et al.* (2016).

### 2.3.3.1 Práticas internacionais

Na Europa existem diversas alternativas tecnológicas utilizadas para tratar e destinar os RSU, que variam de país para país em razão de suas políticas públicas e das legislações vigentes. No entanto, algumas das principais tecnologias utilizadas são a reciclagem, a compostagem, a digestão anaeróbia, o tratamento mecânico biológico, a incineração com geração de energia e o aterro sanitário. De maneira geral, pode-se dizer que o tratamento de RSU na União Europeia (UE) sofreu uma mudança significativa durante o período de 1995 a 2010. O aterro foi a forma de tratamento e disposição final mais comum no início do período, com uma participação de 62 % na quantidade de resíduos tratados. Já em 2005, essa participação caiu para 50 % e em 2010 tinha reduzido ainda mais, para 38 % (JUCÁ *et al.*, 2014).

Com base nos dados disponibilizados pelo Gabinete de Estatísticas da União Europeia (Eurostat), a Figura 11 apresenta a evolução do tratamento total de resíduos na EU para as duas principais categorias de tratamento – valorização e eliminação – durante o período de 2004 a 2018. De acordo com o Eurostat (2021), a quantidade de resíduos recuperados, ou seja, reciclados ou incinerados com recuperação de energia, cresceu 33,9 % em 2018 (de 870 milhões de toneladas em 2004 para 1.184 milhões de toneladas). Como resultado, a participação dessa valorização no tratamento total de resíduos passou de 45,9 % em 2004 para 54,6 % em 2018. Conseqüentemente, a quantidade de resíduos sujeitos a eliminação diminuiu de 1.027 milhões de toneladas em 2004 para 984 milhões de toneladas em 2018, resultando em um decréscimo de 4,2 %. Assim, a participação da eliminação no total de tratamento de resíduos diminuiu de 54,1 % em 2004 para 45,4 % em 2018.

Figura 11 – Evolução do tratamento de resíduos na União Europeia, entre o período de 2004 e 2018.

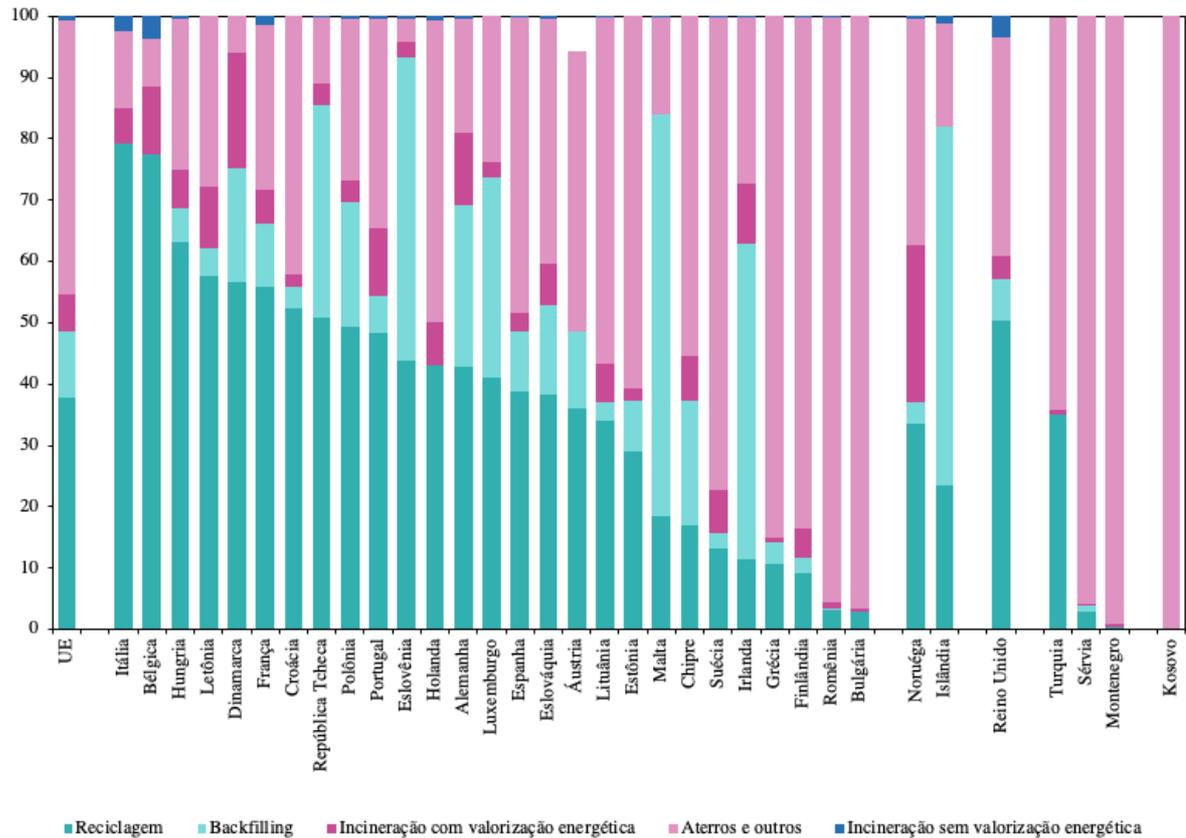


Fonte: Eurostat (2021).

No entanto, observa-se diferenças significativas entre os Estados-Membros da UE no que diz respeito à utilização destes vários métodos de tratamento. Por exemplo, alguns Estados-Membros possuem taxas de reciclagem muito elevadas (Itália e Bélgica), enquanto outros fazem mais uso da disposição em aterros (Grécia, Bulgária, Roménia, Finlândia e Suécia). A Figura 12 apresenta essa diferenciação.

Conforme observado nos gráficos apresentados, bem como ressaltado por Jucá *et al.* (2014), o princípio de reaproveitamento dos resíduos é a base da política europeia para o gerenciamento dos mesmos. Além disso, percebe-se que a incineração não inviabiliza a reciclagem e a compostagem dos resíduos, visto que, os países que mais reciclam são também aqueles que mais incineram seus resíduos, e os que possuem políticas claras de valorização dos resíduos.

Figura 12 – Tratamento de resíduos por tipo de valorização e eliminação, na União Europeia no ano de 2018.



Fonte: Eurostat (2021)<sup>2</sup>.

Outro país que pode ser citado, são os Estados Unidos da América (EUA), o qual ao longo dos anos tem passado por diversas modificações quanto as tecnologias de tratamento de RSU. Em parte, isso é devido ao desenvolvimento da educação da população, que vem enfatizando as práticas de reciclagem e recuperação dos resíduos em substituição à simples disposição final (JUCÁ *et al.*, 2014). A Tabela 2 a seguir, apresenta as principais rotas tecnológicas utilizadas nos EUA.

<sup>2</sup> O termo “*backfilling*” é definido pela UE como qualquer operação de valorização através da qual os resíduos apropriados são utilizados para efeitos de recuperação em zonas escavadas ou em obras de engenharia paisagística, bem como nos casos em que os resíduos substituem materiais virgens (PARLAMENTO EUROPEU, 2011).

Tabela 2 – Principais tecnologias de tratamento de RSU utilizadas nos EUA.

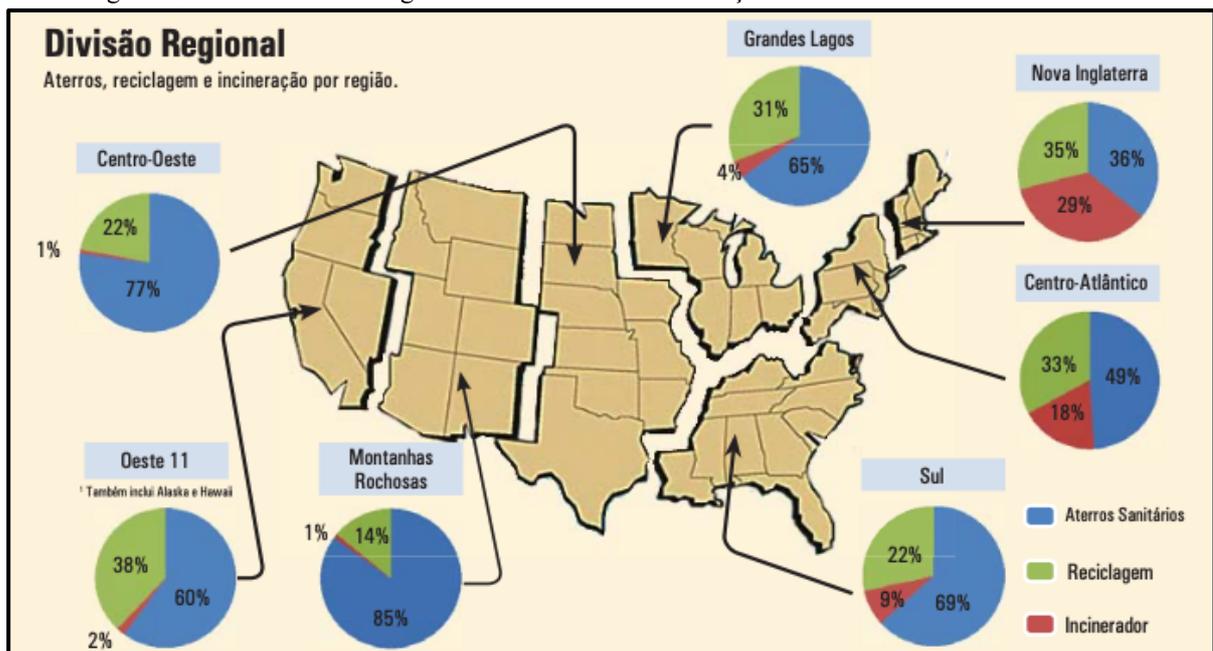
Tecnologia	Percentual de RSU gerados (%)	Milhões de toneladas processadas
Reciclagem	26	65
Compostagem	8	20
Incineração com geração de energia	12	29
Aterros	54	135

Fonte: USEPA 2012 (apud JUCÁ *et al.* 2014).

No entanto, nos últimos 30 anos, os resíduos encaminhados ao processo de reciclagem e compostagem têm aumentado gradativamente no país, e assim, a destinação em aterros sanitários tem diminuído. Outras tecnologias como a gaseificação, pirólise e digestão anaeróbia de RSU ainda não são presentes em níveis comerciais, isto é, têm ainda um caráter experimental ou estão em níveis não representativos quando comparados às outras tecnologias apresentadas (JUCÁ *et al.*, 2014).

Da mesma forma que na UE, observa-se que as tecnologias de tratamento e disposição final dos RSU diferem conforme a geografia dos EUA. A Figura 13 apresenta um detalhamento de cada região, evidenciando o uso relativo de aterros sanitários, incineração com geração de energia e de reciclagem (incluindo compostagem).

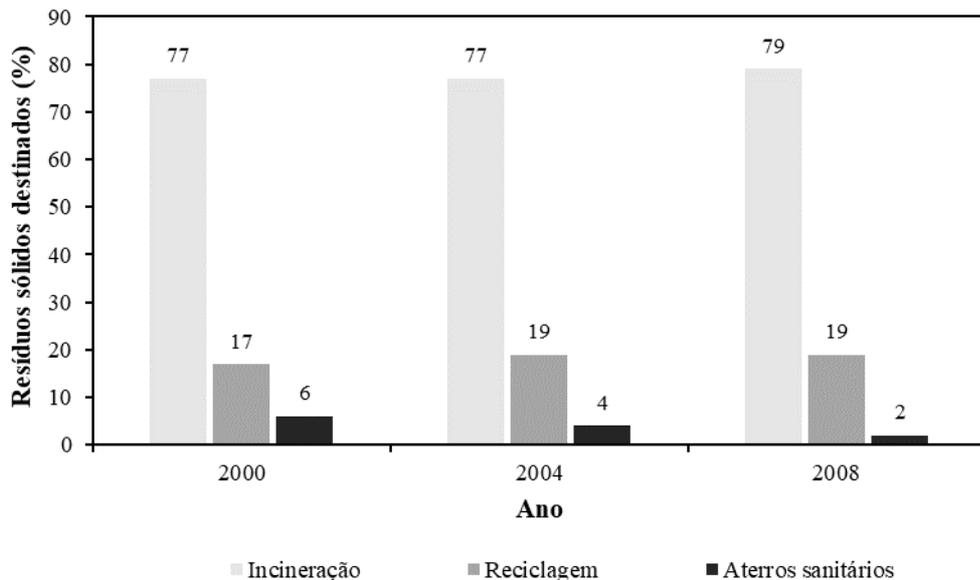
Figura 13 – Características regionais de tratamento e destinação final de RSU nos Estados Unidos.



Fonte: USEPA 2012 (apud JUCÁ *et al.* 2014).

Já no Japão, a diversidade de alternativas tecnológicas é muito grande, no entanto observa-se uma certa tendência nas legislações para definir as escolhas relacionadas ao tipo de tratamento a ser adotado. As diferenças regionais existem especialmente em termos de desempenho de reciclagem, uso de plantas de combustão de resíduos e geração de energia, e de propriedade (público x privado) das etapas de um sistema de gerenciamento de resíduos sólidos em particular (JUCÁ *et al.*, 2014). As principais rotas tecnológicas são apresentadas na Figura 14, sendo possível evidenciar que a incineração é o principal tipo de tratamento de RSU adotado. Enquanto os aterros sanitários são geralmente utilizados para a disposição de resíduos não inflamáveis e resíduos após tratamento intermediário, por exemplo, as cinzas de incineradores (JUCÁ *et al.*, 2014).

Figura 14 – Comparação dos tipos de tratamento de RSU no Japão entre os anos 2000 e 2008.



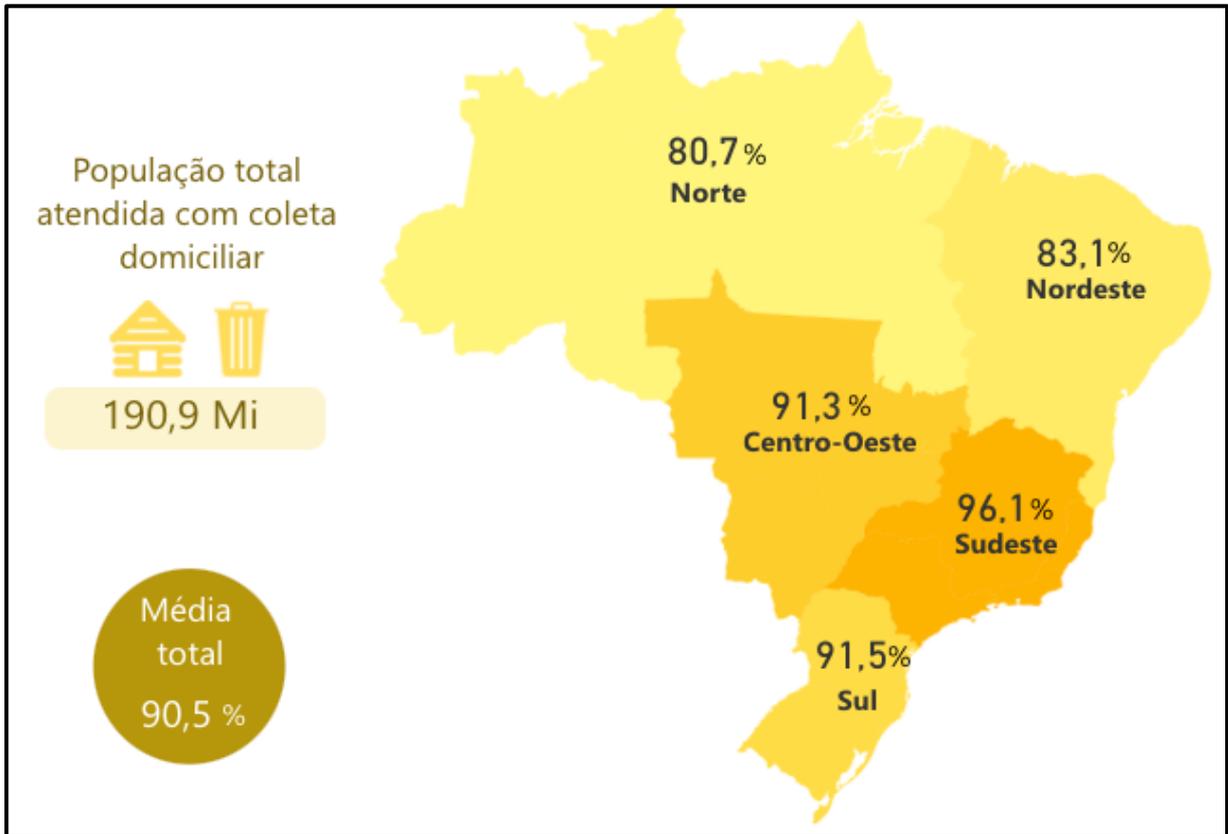
Fonte: Moej (2011 apud JUCÁ *et al.*, 2014).

### 2.3.3.2 Práticas nacionais

De acordo com Jucá *et al.* (2014), um dos pontos importantes para analisar o modelo de gerenciamento de resíduos sólidos no país, consiste na compreensão das formas e dos serviços de coleta implementados. De acordo com dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), o serviço de coleta no Brasil ainda está um pouco longe do cenário ideal, tendo em vista que apresenta um índice de coleta de 90,5 %, enquanto países como Japão

e Canadá apresentam índices de 100 %, União Europeia de 99 % e nos EUA de 95 % (SNIS, 2021; JUCÁ *et al.*, 2014). A Figura 15 apresenta o índice de coleta no Brasil por região.

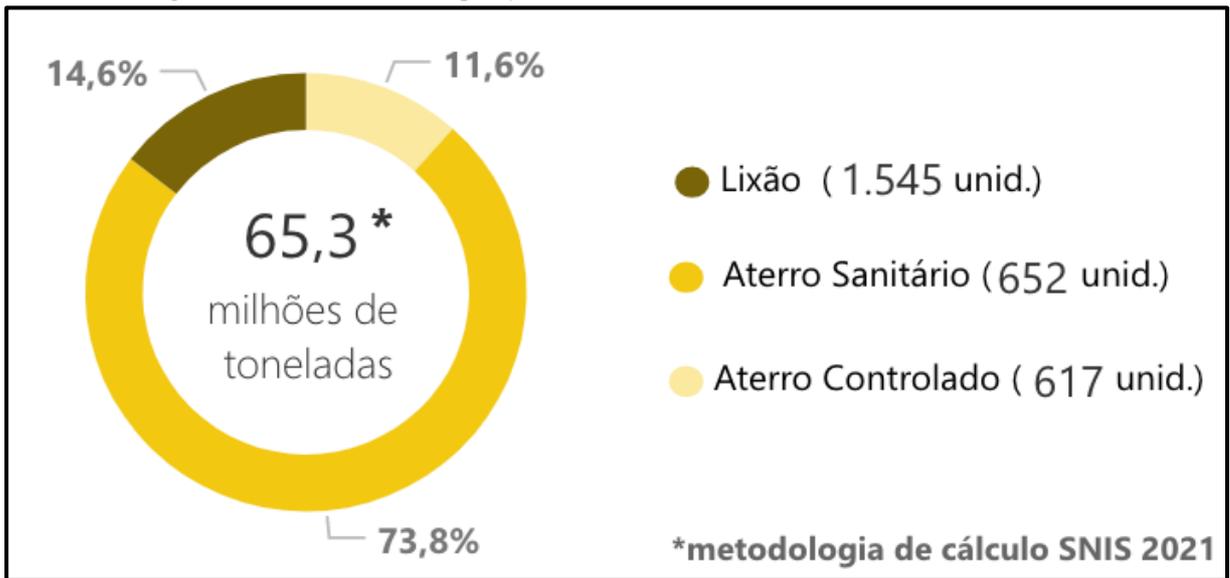
Figura 15 – Porcentagem da população atendida com coleta domiciliar, por região do Brasil.



Fonte: SNIS (2021).

Quanto aos tipos de destinação, tem-se uma predominância da disposição em aterros sanitários, seguida por lixões e aterros controlados (Figura 16). No ano de 2020, das 66,6 milhões de toneladas de RSU gerados, 65,3 milhões de toneladas tiveram como destino final uma dessas disposições em solo. Cabe aqui ressaltar que, desde 2010, ano em que foi instituída a PNRS (Lei nº12.305/2010), a disposição de resíduos em lixões e aterros controlados é proibida (BRASIL, 2010). Ainda, através do Segundo Marco do Saneamento (Lei nº14.026/2020) fica determinado que todas as capitais e regiões metropolitanas acabem com os lixões até agosto de 2021. Municípios com mais de 100 mil habitantes tem até agosto de 2022. E até 2024, municípios com menos de 100 mil habitantes deverão encerrar qualquer atividade de aterros controlados (BRASIL, 2020).

Figura 16 – Estimativa de disposição final de RSU no Brasil, em solo, no ano de 2020.

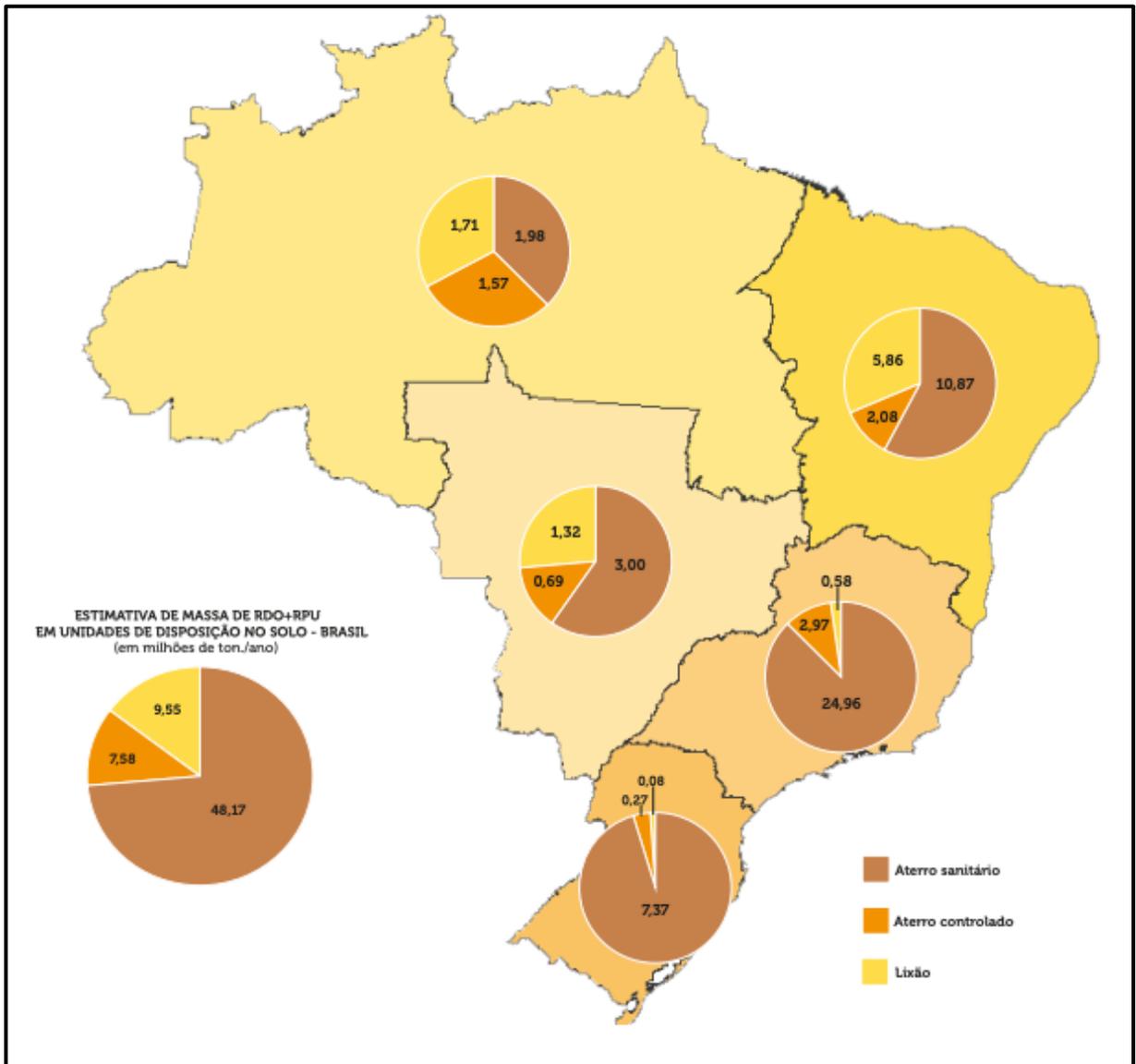


Fonte: SNIS (2021).

Em termos de coleta seletiva, apenas 36,3 % dos municípios contam com esse tipo de coleta, e no ano de 2020, foram reciclados cerca de 1,95 % de todos os resíduos gerados. Esse percentual é baixíssimo, ainda mais quando comparado com o da Europa (38 %), Estados Unidos (34 %) e Japão (19 %) (BRASIL, 2021; EUROSTAT, 2021; JUCÁ *et al.*, 2014). Além disso, no Brasil, as atividades de reciclagem estão fortemente ligadas aos trabalhadores informais do setor de resíduos (catadores). No ano de 2020, as empresas contratadas recolheram 0,9 milhão de toneladas (47,5 % de 1,9 milhão/ton./ano) e as associações/cooperativas de catadores, 0,7 milhão de toneladas (35,2 %) (SNIS, 2021).

Além disso, da mesma forma que nos EUA, os tipos de destinação variam de acordo com a região do Brasil, de forma que as regiões Sul e Sudeste são as que apresentam as menores estimativas de disposição em lixões e aterros controlados, predominando a disposição em aterros sanitários, conforme Figura 17.

Figura 17 – Estimativa da massa de RSU do Brasil disposta em solo, no ano de 2020.



Fonte: SNIS (2021).

### 3 METODOLOGIA

De acordo com Köche (2011), a metodologia é o instrumento de esclarecimento da forma de abordagem do problema em questão, detalhando os principais procedimentos e técnicas utilizadas, para que o futuro leitor compreenda o roteiro do estudo, tornando possível a identificação e avaliação dos procedimentos escolhidos.

Assim, nesta seção é abordada a classificação desta pesquisa e os procedimentos metodológicos utilizados para atingir os objetivos propostos neste estudo.

#### 3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

De acordo com Gil (2017), a pesquisa pode ser definida como o procedimento racional e sistemático que tem como objetivo final, encontrar soluções para eventuais problemas com a aplicação de procedimentos científicos. Para Sampieri *et al.* (2006), a pesquisa científica é concebida como um processo dinâmico, volúvel, progressivo e evolutivo. Um processo associado a múltiplas etapas correlatas e interligadas entre si, que acontece ou não de maneira contínua ou sequencial.

A Figura 18, a seguir, apresenta a classificação geral de uma pesquisa, sendo que, neste trabalho, será abordada a pesquisa aplicada como natureza, a pesquisa qualitativa como abordagem, a pesquisa exploratória como objetivo, e como procedimento técnico, a pesquisa bibliográfica.

Figura 18 – Classificação geral de uma pesquisa (em destaque a classificação da pesquisa em questão).

Natureza da pesquisa	Abordagem da pesquisa	Objetivo da pesquisa	Procedimentos técnicos da pesquisa	
Pesquisa Básica	Pesquisa Quantitativa	Pesquisa Exploratória	Pesquisa Bibliográfica	Estudo de Caso
Pesquisa Aplicada	Pesquisa Qualitativa	Pesquisa Descritiva	Pesquisa Documental	Pesquisa Ação
		Pesquisa Propositiva	Pesquisa Experimental	Pesquisa Participante
		Pesquisa Explicativa	Pesquisa Operacional	Pesquisa Expost-facto

Fonte: Adaptado de Prodanov e Freitas (2013).

De acordo com Prodanov e Freitas (2013), a pesquisa aplicada pode ser definida como “aquela que gera conhecimentos para aplicações práticas em realidades e locais específicos”. Sendo assim, a pesquisa em questão é classificada como aplicada, no que diz respeito a sua natureza, pois o resultado da mesma poderá ser aproveitado para aplicações futuras.

Acerca da abordagem do problema, define-se esta como pesquisa qualitativa, na qual os dados coletados são descritivos, retratando o maior número de elementos existentes na realidade estudada, se diferenciando da abordagem quantitativa pelo fato de não utilizar dados estatísticos como o centro do processo de análise de um problema, não tendo portanto, a prioridade de numerar ou medir unidades (PRODANOV; FREITAS, 2013).

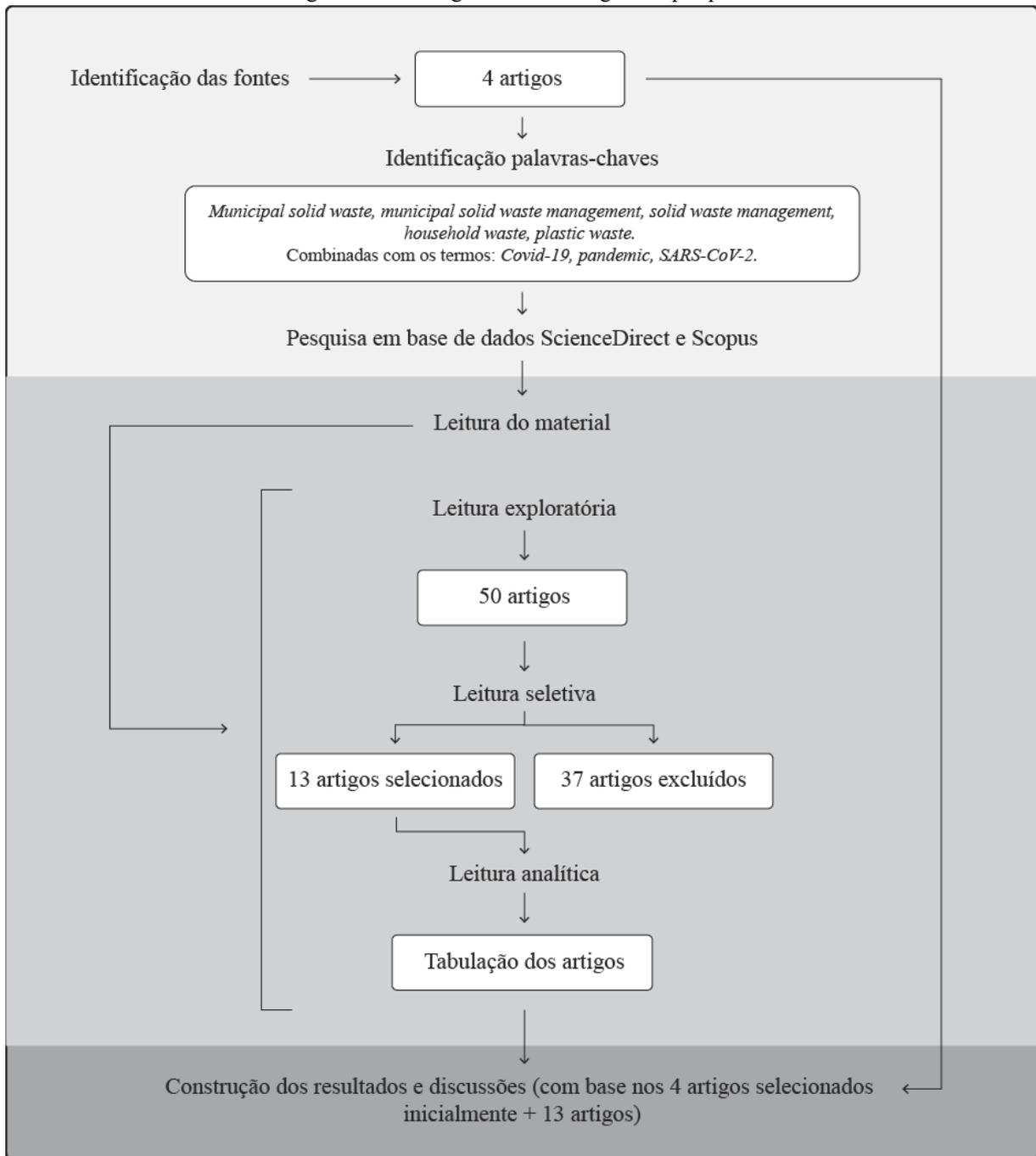
Ainda, a pesquisa pode ser classificada quanto ao seu objetivo, sendo no caso deste trabalho, classificada como pesquisa exploratória, a qual segundo Köche (2011), possui o objetivo fundamental de descrever ou caracterizar a natureza das variáveis que se quer conhecer. Assim, esta pesquisa visa proporcionar maior ligação com o problema e identificar possíveis rotas de ação.

Por fim, quanto aos procedimentos técnicos, este trabalho fez uso da pesquisa bibliográfica, tanto no capítulo de referencial teórico, como no capítulo de resultados e discussões. A pesquisa bibliográfica se desenvolve tentando explicar um problema utilizando o conhecimento disponível a partir das teorias publicadas em livros, revistas, publicações em periódicos e artigos científicos, jornais, entre outros (KÖCHE, 2011). Na pesquisa bibliográfica em questão, visou-se o levantamento de estudos de autores que abordem o tema do trabalho, constituído principalmente de artigos científicos disponibilizados na internet.

### 3.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para realização desta pesquisa foram seguidas as etapas propostas por Gil (2017), as quais são apresentadas de forma resumida na Figura 19 e posteriormente descritas nos tópicos a seguir.

Figura 19 – Fluxograma metodológico da pesquisa.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

### 3.2.1 Identificação das fontes

Visando obter uma familiarização com o tema do trabalho em questão, foi realizada uma pesquisa ampla por meio da plataforma ScienceDirect, com o objetivo de encontrar artigos científicos sobre o tema e identificar as principais palavras-chave que remetiam a estudos

relevantes sobre o assunto. Como resultado desta pesquisa foram selecionados quatro estudos sobre a produção e o gerenciamento dos RSU durante a pandemia da Covid-19, os quais são apresentados no Quadro 3.

Quadro 3 – Relação da literatura preliminar consultada.

<b>Título</b>	<b>Autor</b>
Repercussions of COVID-19 pandemic on municipal solid waste management: Challenges and opportunities	(KULKARNI; ANANTHARAMA, 2020)
Challenges, opportunities, and innovations for effective solid waste management during and post COVID-19 pandemic	(SHARMA <i>et al.</i> , 2020)
COVID-19 Pandemic Repercussions on the Use and Management of Plastics	(PRATA <i>et al.</i> , 2020)
Municipal waste management in the era of Covid-19: Perceptions, practices, and potentials for research in developing countries	(OYEDOTUN <i>et al.</i> , 2020)

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

A partir da leitura destes artigos, foi possível identificar as principais palavras-chave que sintetizavam o tema da pesquisa em questão, sendo: *municipal solid waste, municipal solid waste management, solid waste management, household waste, plastic waste*. As pesquisas foram realizadas sistematicamente por meio de combinações entre as palavras-chave citadas e os termos *Covid-19, pandemic, SARS-CoV-2*.

Todas as pesquisas foram realizadas na língua inglesa, através das bases de dados ScienceDirect e Scopus, tendo em vista que concentram grande quantidade de revistas, jornais e periódicos de importância internacional na temática de RSU. Como resultado, foram obtidos cerca de 50 artigos, que posteriormente foram gerenciados através da ferramenta Mendeley, para então realizar a seleção.

### **3.2.2 Leitura do material**

Para coleta de dados foi realizada a leitura dos materiais seguindo as seguintes premissas:

- Leitura exploratória: consiste em uma leitura rápida com o objetivo de verificar se a obra consultada tem significância para o trabalho. No caso de artigos e periódicos, a leitura do resumo geralmente é suficiente, mas pode abranger também a identificação das seções que o

compõem e uma breve inspeção das referências bibliográficas (GIL, 2017). Através desse tipo de leitura, foi obtido como resultado cerca de 50 artigos, como citado anteriormente.

- Leitura seletiva: consiste em uma leitura mais aprofundada das partes que de fato interessam à pesquisa. Neste tipo de leitura, procede-se a leitura dos títulos e subtítulos do texto, ao exame rápido das tabelas, gráficos e ilustrações e à identificação das palavras em destaque, além da leitura dos parágrafos iniciais dos capítulos ou das seções do texto, bem como uma inspeção rápida das conclusões (GIL, 2017). Através desta etapa, foram selecionados os artigos que serviram de base para a construção deste trabalho, resultando em treze artigos selecionados.

- Leitura analítica: este tipo de leitura foi realizado nos textos selecionados, o qual, de acordo com Gil (2017), possui a finalidade de ordenar e resumir as informações contidas nas fontes, como forma de possibilitar a obtenção de respostas ao problema da pesquisa.

### 3.2.3 Construção dos resultados

Como citado no tópico anterior, na fase inicial da pesquisa foram identificados quatro artigos (Quadro 3) que, juntamente com os treze artigos selecionados através da leitura seletiva, serviram de base para construção deste trabalho (Quadro 4). Durante a seleção foi dada prioridade para as publicações mais recentes sobre o tema, sendo dada preferência para publicações do ano de 2021. Tal recorte temporal, não objetivou excluir completamente os artigos mais antigos, mas sim dar maior ênfase ao uso de publicações recentes no desenvolvimento do trabalho. Ressalta-se ainda que alguns países não apresentaram estudos conclusivos sobre a temática, além de a maioria dos dados quantitativos estarem sendo publicados apenas após a conclusão deste trabalho.

Quadro 4 – Artigos selecionados para elaboração dos resultados e discussões.

<b>Título</b>	<b>Autor</b>
Challenges and strategies for effective plastic waste management during and post Covid-19 pandemic	(VANAPALLI <i>et al.</i> , 2021)
Covid-19 and waste production in households: A trend analysis	(LEAL FILHO <i>et al.</i> , 2021)
Coronavirus disease 2019 (Covid-19) induced waste scenario: A short overview	(HAQUE <i>et al.</i> , 2021)
An urgent call to think globally and act locally on landfill disposable plastics under and after Covid-19 pandemic: Pollution prevention and technological (Bio) remediation solutions	(SILVA <i>et al.</i> , 2021a)

<b>Título</b>	<b>Autor</b>
Increased plastic pollution due to Covid-19 pandemic: Challenges and recommendations	(SILVA <i>et al.</i> , 2021b)
Covid-19 effects on municipal solid waste management: What can effectively be done in the Brazilian scenario?	(PENTEADO e CASTRO, 2021)
An update of COVID-19 influence on waste management	(FAN <i>et al.</i> , 2021)
Repercussions of Covid-19 pandemic on solid waste generation and management strategies	(LIANG <i>et al.</i> , 2021)
Municipal solid waste management under Covid-19: Challenges and recommendations	(VAVERKOVÁ <i>et al.</i> , 2021)
Occurrence of personal protective equipment (PPE) associated with the Covid-19 pandemic along the coast of Lima, Peru	(DE-LA-TORRE <i>et al.</i> , 2021)
Identification of behaviour patterns in waste collection and disposal during the first wave of COVID-19 in Regina, Saskatchewan, Canada	(RICHTER <i>et al.</i> , 2021)
Challenges and practices on waste management and disposal during COVID-19 pandemic. Journal Of Environmental Management	(HANTOKO <i>et al.</i> , 2021)
Assessing face masks in the environment by means of the DPSIR framework	(TESFALDET e NDEH, 2022)

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O desenvolvimento da pesquisa bibliográfica foi conduzido de forma que ao final fosse possível alcançar os objetivos propostos neste trabalho. Sendo assim, o item 4.1 desta seção dedicou-se a investigar as principais mudanças nos padrões de produção de resíduos sólidos urbanos durante a pandemia da Covid-19. Posteriormente, o item 4.2 abordou os principais problemas enfrentados no gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos durante a pandemia. Por fim, o item 4.3 dedicou-se a apresentar as principais recomendações e boas práticas para o gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos durante este período.

### 4.1 COVID-19 E O IMPACTO NA PRODUÇÃO DE RSU

Desde que foi classificada como uma pandemia, em março de 2020, a doença da Covid-19 causou muitos problemas sociais e econômicos, além de problemas ambientais. A produção de resíduos é uma consequência inevitável que está associada com atividades antrópicas, desenvolvimento econômico e urbanização. Com o fechamento de restaurantes e lojas, com as diretrizes de “ficar em casa” e bloqueios impostos pelos governos locais, houve uma mudança no comportamento das pessoas, o que conseqüentemente, acaba refletindo do fluxo dos resíduos sólidos urbanos (RICHTER *et al.*, 2021).

Logo no início da pandemia, devido ao conhecimento limitado sobre a doença, muitas pessoas passaram a fazer estoques de comida (compras em pânico) como forma prevenção de uma possível escassez de alimentos. Conforme Statista (2020, apud LEAL FILHO *et al.*, 2021), em uma pesquisa realizada na Noruega durante o surto da Covid-19, 84 % dos entrevistados relataram a compra de produtos secos extras, 38 % relataram comprar produtos enlatados adicionais e 37 % alimentos extras congelados. Da mesma forma, nos EUA foi registrado um rápido aumento de 10 % para 76-77 % nas vendas de alimentos embalados nas primeiras duas semanas de março de 2020 (MORRISON, 2020 apud LEAL FILHO *et al.*, 2021).

Em contrapartida, os produtores de alimentos nos EUA sofreram com o fechamento de escolas, restaurantes e outras instituições que normalmente compravam grandes quantidades de alimentos, fazendo com que uma quantidade significativa de resíduos alimentares fosse gerada durante o período inicial de bloqueio. Outro exemplo a ser citado foi o caso da Índia, onde o bloqueio em todo o país coincidiu com o pico da época de colheita de uma variedade de safras sazonais. Os vegetais e frutas de verão estavam maduros e prontos para serem colhidos,

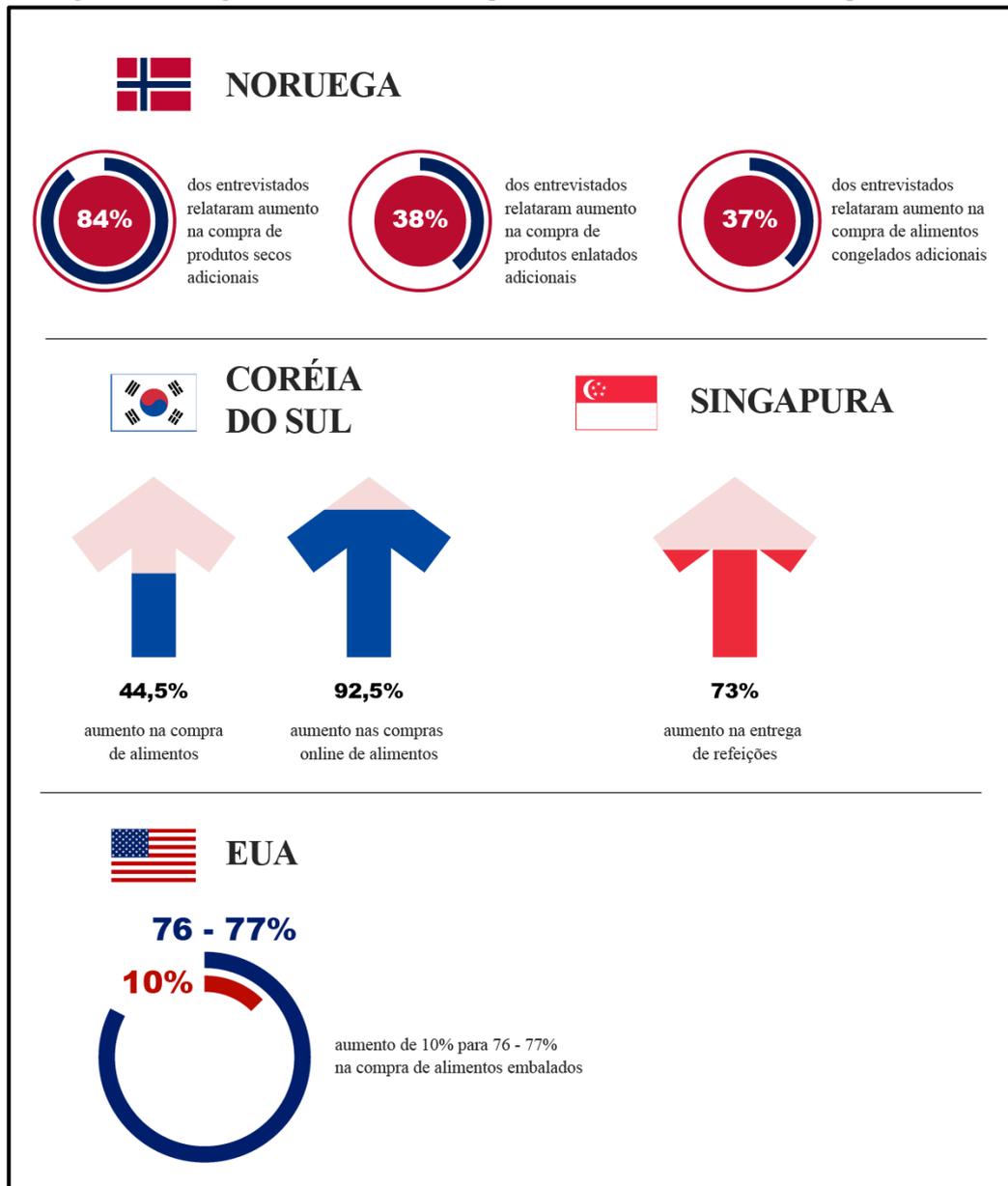
como também as safras de trigo, arroz e cevada. Com o bloqueio repentino no país, a maior parte da produção foi desperdiçada (FAO, 2020 apud KULKARNI; ANANTHARAMA, 2020). Outras situações como essa foram registradas em diversos locais pelo mundo, e foram evidenciadas no estudo de Sharma *et al.* (2021).

Ainda, devido à adoção de medidas de distanciamento social e conseqüentemente o funcionamento de restaurantes apenas através do serviço de delivery e/ou *take away*, além de um aumento no fornecimento de serviços de entregas pelos supermercados e mercearias, em diversos locais foi relatado o aumento nas compras online de alimentos. Em Singapura, foi estimado um aumento de 73 % na entrega de refeições (LOW; KOH, 2020 apud FAN *et al.*, 2021). Adicionalmente, com base em outra pesquisa, realizada na Coreia do Sul, foi evidenciado um aumento nas compras online de alimentos e compra de alimentos de 92,5 % e 44,5 %, respectivamente. Outros países como Vietnã, Itália e China também relataram um grande aumento nas compras online de 12 a 57 % (HYUN, 2020 apud VANAPALLI *et al.*, 2021), um resumo das informações apresentadas pode ser visualizado na Figura 20.

Como consequência deste cenário apresentado, tem-se um aumento na produção de resíduos plásticos de uso único provenientes das embalagens para entrega desses alimentos, as quais, na maioria dos casos, são compostas por plásticos multicamadas, filmes finos e espumas, que possuem baixa reciclabilidade. Em um estudo realizado por Fan *et al.* (2021), com base em uma pesquisa online com 1.110 entrevistados, estimou-se que as residências de Singapura produziram 1.334 t adicionais de resíduos plásticos (por exemplo, garfos, recipientes e colheres descartáveis) no período de bloqueio ocasionado pela pandemia.

Ainda, de acordo com Silva *et al.* (2021a), estima-se um aumento na demanda de plásticos para fins de embalagem em 40 % e 17 % em outras aplicações, como por exemplo, uso médico.

Figura 20 – Infográfico relacionado a compra de alimentos embalados e compras online.



Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Em uma pesquisa realizada por Leal Filho *et al.* (2021), com participantes de diversos países, como Portugal, Itália, Alemanha, Brasil, Estônia, Estado Unidos, Austrália, Canadá, Cingapura, Reino Unido, Irlanda, Nova Zelândia, Japão, Malásia, Indonésia e Vietnã, observou-se que 45 – 48 % dos entrevistados aumentaram o consumo de alimentos embalados, alimentos frescos e entrega de alimentos durante a pandemia. Cerca de 36 – 40 % dos entrevistados não experimentaram nenhuma mudança, e 12 – 18 % tiveram uma diminuição do consumo de alimentos embalados. Ainda, em termos de produção de resíduos, mais da metade

da amostra (55%) indicou um aumento na produção de resíduos durante o período de bloqueio. Um resumo dos resultados obtidos no estudo pode ser observado na Tabela 3.

Tabela 3 – Resumo dos resultados obtidos nas entrevistas sobre o consumo de alimentos e produção de resíduos.

Consumo e produção de resíduos	Respostas (%)	Distribuição das respostas					
		Em branco	Até 10 %	Entre 10 e 20 %	Entre 20 e 30 %	Mais de 30%	
<b>Alimentos embalados (N=204)</b>	Não mudou	40	100	-	-	-	-
	Sim, aumentou	48	0	37	33	14	15
	Sim, diminuiu	12	8	12	36	32	12
<b>Alimentos frescos (N=203)</b>	Não mudou	36	100	-	-	-	-
	Sim, aumentou	45	1	22	37	23	17
	Sim, diminuiu	18	0	46	41	11	3
<b>Entrega de alimentos (N=204)</b>	Não mudou	39	100	-	-	-	-
	Sim, aumentou	46	0	33	32	16	18
	Sim, diminuiu	16	0	22	19	19	41
<b>Produção de resíduos (N=204)</b>	Não mudou	21	100	-	-	-	-
	Sim, aumentou	55	3	36	35	16	10
	Sim, diminuiu	11	5	27	50	14	5
	Não sabe	13	100	-	-	-	-

Fonte: Leal Filho *et al.* (2021).

Neste mesmo sentido, o estudo de Oyedotun *et al.* (2020) examinou a geração de resíduos, composições e as implicações para a exposição durante o bloqueio da pandemia da Covid-19 em dois países, Guiana e Nigéria. Os resultados obtidos relacionados a mudança na produção de resíduos durante a pandemia, bem como a presença de EPIs nos resíduos sólidos urbanos da Guiana e da Nigéria, são apresentados na Tabela 4 a seguir.

Tabela 4 – Alterações na produção urbanos e a presença de EPIs nos resíduos sólidos urbanos.

Variável		Nigéria	Guiana
		Porcentagem (%)	Porcentagem (%)
Quantidade de resíduos	Aumento	60,8	63,4
	Sem aumento	39,2	36,6
	Menos de ¼	42,2	48,6
Nível de aumento	2 vezes	-	0,7
	Mais de 2 vezes	57,8	50,7
EPIs junto dos resíduos sólidos	Presença	57,5	63,4
	Ausência	42,5	36,6

Fonte: Oyedotun *et al.* (2020).

Conforme os resultados apresentados na Tabela 4, tem-se que na Nigéria, cerca de dois terços (60,8 %) dos entrevistados atribuíram o aumento observado no volume de resíduos gerados à pandemia da Covid-19, enquanto mais de um terço (39,2 %) afirmou que o volume de resíduos produzidos não aumentou. Da mesma forma, na Guiana, dois terços (63,4 %) dos entrevistados também afirmaram ter observado um aumento no volume de resíduos gerados, enquanto cerca de um terço (36,6 %) teve opinião contrária.

Daqueles que indicaram um aumento na produção de resíduos domésticos durante esse período, 57,8 % dos residentes na Nigéria afirmaram que houve um aumento de duas vezes ou mais na quantidade de resíduos, enquanto 42,2 % afirmaram que seus resíduos aumentaram aproximadamente em um quarto. Do mesmo modo, na Guiana, cerca de metade, 50,7 % dos entrevistados afirmaram que seus resíduos aumentaram em mais do que o dobro, enquanto mais de dois quintos (48,6 %) afirmaram que seus resíduos aumentaram menos de um quarto durante a pandemia, quando comparado às quantidades habituais. Assim, observa-se que houve um aumento significativo na produção de resíduos sólidos urbanos em decorrência da pandemia da Covid-19.

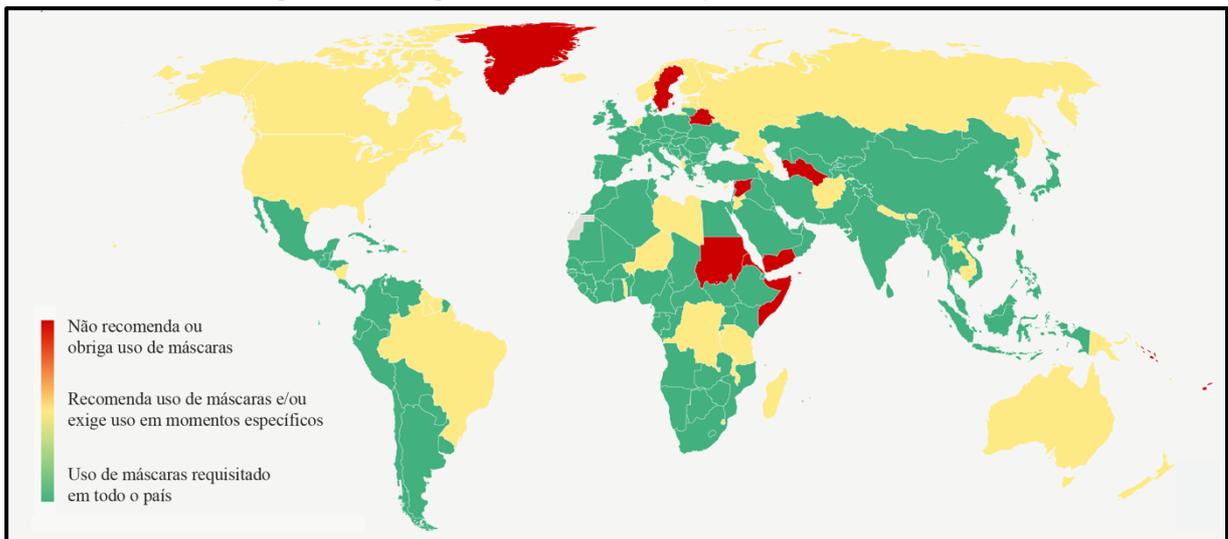
Quanto à análise da presença/ausência de EPIs nos resíduos sólidos urbanos, na Nigéria obteve-se que quase 60,0 % dos entrevistados afirmaram que havia a presença de EPIs nos resíduos sólidos. Na Guiana, a maioria (63,4 %) dos entrevistados afirmou que houve presença de EPIs nos resíduos sólidos gerados nos últimos tempos.

Ainda, a partir das entrevistas realizadas com gestores de resíduos, na opinião dos mesmos, não houve aumento significativo na produção dos resíduos durante o bloqueio. Esta percepção contrária dos moradores e dos gestores pode ser explicada devido à queda na produção de resíduos nos locais de trabalho e à diminuição das atividades industriais, de forma que o aumento de resíduos sólidos em nível domiciliar nesses dois países não implique, necessariamente, em um aumento de resíduos sólidos em nível municipal ou em qualquer escala regional ou nacional. No entanto, eles confirmaram a afirmação dos entrevistados de que houve um aumento na presença de EPIs no fluxo de resíduos gerados em escala doméstica durante a pandemia da Covid-19 (OYEDOTUN *et al.*, 2020).

Devido à natureza altamente contagiosa, desde que a transmissão de humano para humano da Covid-19 foi declarada, os profissionais de saúde dependem da utilização dos EPIs para proteger a si mesmos e a seus pacientes. Além disso, as políticas governamentais que obrigam todos os cidadãos a usarem máscaras faciais estão desempenhando um papel fundamental no uso em massa e na produção de máscaras. No momento da redação do artigo

referenciado, o uso de máscaras em público era obrigatório em mais de 170 países, conforme ilustrado na Figura 21 (MASKS FOR ALL, 2021 apud TESHFALDET; NDEH, 2022). Isso significa que a quantidade de resíduos médicos gerados globalmente é incomparável a qualquer momento da história. A consequência disso é tanto ambiental quanto de saúde se não forem tomados os devidos cuidados nos processos de armazenamento, transporte e manuseio (SANGKHAM, 2020 apud TESHFALDET; NDEH, 2022).

Figura 21 – Obrigatoriedade e recomendações do uso de máscaras.



Fonte: Masks for all (2022).

De acordo com a população total e o percentual da população urbana, Hantoko *et al.*, (2021) estimou que o número de máscaras faciais usadas diariamente no mundo iria atingir mais de 7 bilhões, conforme apresentado na Tabela 5. Entretanto, atualmente este valor deve ser ainda maior do que o relatado pelo estudo devido à rápida disseminação do vírus da Covid-19 e a retomada das atividades econômicas. Assim como observado na pesquisa de Oyedotun *et al.* (2020), realizada na Guiana e na Nigéria, na maioria dos países as máscaras faciais também são descartadas juntamente com os resíduos sólidos domiciliares, aumentando a produção de resíduos, como também o potencial de contaminação.

Tabela 5 – Uso diário estimado de máscaras faciais no mundo com casos confirmados acumulados da Covid-19.

Continente	População	Casos da Covid-19	Uso diário total de máscara facial (peças)	Máscara facial descartada (toneladas/dia)
Ásia	4.628.322.315	22.315.871	3.769.305.693	11.308
África	1.358.208.732	3.356.223	951.832.679	2.855
Europa	747.882.582	28.216.000	891.476.038	2.674
América do Norte	591.669.479	28.558.410	781.950.383	2.346
América do Sul	432.731.157	14.926.579	591.976.223	1.776
Oceania	42.567.863	49.677	46.177.618	139

Fonte: Hantoko *et al.* (2021).

Além dos resíduos gerados pelo aumento de uso de máscaras descartáveis, pode-se destacar ainda, o aumento do uso de medicamentos pelos pacientes, a automedicação (medicamentos não controlados) e o aumento na demanda por medicamentos para aumentar a imunidade, os quais podem elevar a geração de resíduos de embalagens farmacêuticas, como blisters, frascos, entre outros (VANAPALLI *et al.* 2021).

Outra mudança comportamental observada, que também impactou os fluxos da produção de resíduos sólidos urbanos, foi a obsessão pública sobre higiene e segurança sanitária e a impressão da superioridade higiênica dos plásticos descartáveis, os quais impactaram na percepção dos copos, sacolas e outros itens reutilizáveis, sendo vistos agora como uma ameaça e um meio de contaminação da doença (VANAPALLI *et al.*, 2021).

Aproveitando essa percepção, as indústrias de plástico juntamente com líderes governamentais levantaram dúvidas sobre segurança alimentar, higiene e contaminação cruzada ao usar embalagens e sacolas reutilizáveis durante a pandemia, resultando em uma reversão das políticas para proibir ou reduzir os plásticos de uso único e pagamentos de taxas em algumas jurisdições. Como exemplo, a cidade de Nova York e Maine adiaram, a proibição dos plásticos descartáveis, outro caso é o de Massachusetts e New Hampshire, as quais reintroduziram os plásticos de uso único e até proibiram o uso de sacolas de compras reutilizáveis devido a potenciais ameaças a saúde de trabalhadores e clientes. Com isso, observa-se uma mudança no estilo de vida sustentável das pessoas e, conseqüentemente um aumento na produção de resíduos plásticos (SILVA *et al.*, 2021a).

O Instituto de Meio Ambiente da Tailândia estimou um aumento de cerca de 62 % na produção de resíduos plásticos no país. A produção passou de 2.120 toneladas por dia em 2019 para cerca de 3.440 toneladas por dia entre janeiro e abril de 2020 (GODBOLE, 2020 apud HAQUE *et al.*, 2021). A taxa média da produção de resíduos plásticos para os países do Sudeste

Asiático era de 5.500 toneladas por dia antes da pandemia da Covid-19, mas chegou a atingir 6.300 toneladas por dia durante a pandemia. Além disso, estima-se um aumento de 30 % no volume anual de resíduos plásticos na Tailândia, um dos principais países poluidores de plástico da região (TEI; 2020 apud HAQUE *et al.* 2021).

Em Bangladesh, em único mês de período de bloqueio (26 de março a 25 de abril de 2020), cerca de 14.500 toneladas de resíduos foram geradas a partir de itens de plástico descartável e EPIs, representando uma taxa de produção de cerca de 483 toneladas por dia. As sacolas descartáveis feitas de polietileno (PE) aumentaram com uma taxa extraordinária, sendo consideradas a maior fonte de poluição plásticas, representando 5.796 toneladas de resíduos plásticos gerados no período de bloqueio de um mês, com uma taxa de produção de 193,20 toneladas por dia (ESDO, 2020 apud HAQUE *et al.*, 2021). A Tabela 6 resume as informações da produção de resíduos plásticos em Bangladesh durante o período.

Tabela 6 – Produção de resíduos plásticos em Bangladesh no período de um mês durante o bloqueio ocasionado pela Covid-19 (26 de março a 25 de abril de 2020).

<b>Resíduos</b>	<b>Nº de unidades usadas no período de bloqueio (em milhões)</b>	<b>Total de resíduos gerados (t)</b>	<b>Taxa de geração diária estimada (t/dia)</b>	<b>Resíduos gerados em 90 dias (t)</b>
Máscaras cirúrgicas descartáveis	455	1.592	53,07	4.776,30
Sacos de polietileno (PE)	1.449	5.796	193,20	17.388,00
Luvas de polietileno	1.216	3.039	101,30	9.117,00
Luvas cirúrgicas	189	2.838	94,60	8.514,00
Garrafas de desinfetante para as mãos	49	900	30,00	2.700,00
Resíduos plásticos não infecciosos de unidades de saúde	-	251,10	8,37	753,30

Fonte: ESDO, 2020 apud Haque *et al.* 2021.

Somado a isso, em muitos países o descarte de resíduos não infecciosos das unidades de saúde segue o protocolo típico de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos. Considerando que aproximadamente 85 % dos resíduos de saúde são classificados como não infecciosos, e que a geração dos resíduos de saúde teve um drástico aumento durante este período de

pandemia, tem-se um significativo incremento nos resíduos sólidos urbanos. A Tabela 7 mostra as estimativas dos quantitativos de resíduos médicos gerados em cidades asiáticas durante esta pandemia, bem como a contribuição diária dos mesmos para os RSU (KULKARNI; ANATHARAMA, 2020). Baseado nestas estimativas, observa-se que durante a pandemia, as cidades contribuíram coletivamente com cerca de 864 toneladas adicionais de resíduos médicos não infecciosos incluídos na rota de gerenciamento dos RSU.

Tabela 7 – Volume estimado de resíduos médicos em cidades asiáticas selecionadas e a contribuição na rota dos RSU.

Cidade	População (em milhões)	Resíduos médicos adicionais (t/dia)	Resíduos incluídos na rota dos RSU (t/dia)
Manila	14,00	280	238,00
Jakarta	10,60	212	180,20
Kuala Lumpur	7,70	154	130,90
Bangkok	10,50	210	178,50
Ha Noi	8,00	160	136,00

Fonte: Adaptado de Kulkarni e Anatharama (2020).

Diante do exposto, observa-se que a pandemia da Covid-19 e os consequentes bloqueios alteraram drasticamente os hábitos da população, e essa mudança reflete nos fluxos de resíduos das cidades e países. O aumento no uso de EPIs e na geração de resíduos médicos não infecciosos, além da preferência da população por produtos embalados e descartáveis durante este período, podem ocasionar diversos impactos ambientais. Grodzinska-Jurczak *et al.* (2020 apud HAQUE *et al.*, 2021), já havia evidenciado que a preocupação com a saúde durante a pandemia acabaria se sobressaindo ao cuidado ambiental.

#### 4.2 PROBLEMAS ENFRENTADOS NO GERENCIAMENTO DOS RSU DURANTE A PANDEMIA COVID-19

De acordo com Mallapur (2020, apud SHARMA *et al.*, 2020), a pandemia alterou a dinâmica de geração de resíduos, criando problemas entre os formuladores de políticas e os trabalhadores envolvidos no saneamento. Pois embora esse novo paradigma (pandemia) tenha destacado o valor público do plástico (para produção de EPIs, por exemplo), ele também destacou a vulnerabilidade dos países e municípios à poluição (VANAPALLI *et al.*, 2021).

Ambientes naturais, que no início da pandemia se beneficiaram com a redução do lixo e com a melhoria da qualidade da água devido a redução do turismo, agora estão se tornando

contaminado com resíduos relacionados a Covid-19. Vários locais ao redor do mundo relataram a disposição inadequada de máscaras e outros EPIs, um exemplo amplamente conhecido é o caso da Ilha de Soko em Hong Kong, onde foram observadas dezenas de máscaras descartáveis em um trecho de 100 m (SILVA *et al.*, 2021a), os registros fotográficos são apresentados na Figura 22. De acordo com um relatório da World Wide Fund for Nature (WWF), se apenas 1% das máscaras fossem descartadas incorretamente e dispersas na natureza, isso resultaria em até 10 milhões de máscaras por mês poluindo o meio ambiente (WWF, 2020 apud VANAPALLI *et al.*, 2021).

Uma vez espalhados em ambientes naturais (terrestres ou aquáticos), tanto os EPIs, como os demais resíduos plásticos, provavelmente induzirão o bloqueio do sistema de drenagem em cidades (particularmente em países em desenvolvimento), como também afetarão negativamente a percolação da água e a aeração normal dos solos agrícolas, com repercussões na produtividade da terra (PRATA *et al.* 2020). Além disso, a poluição do plástico no meio ambiente irá se deteriorar e se fragmentar, originando micro e nanoplásticos (PRATA *et al.* 2020). A persistência e onipresença dos detritos plásticos, aliados ao tipo, forma e tamanho do polímero, são conhecidos por impor sérias ameaças à biodiversidade, pois podem ser facilmente ingeridos e causar efeitos físicos, como abrasões e bloqueios internos. Além disso, a poluição por plástico também pode atuar como um vetor de diferentes contaminantes, espécies invasivas e patógenos como o SARS-CoV-2. Aditivos plásticos e / ou contaminantes absorvidos que podem lixiviar e eventualmente se infiltrar em vários compartimentos ambientais, diminuindo a qualidade do solo e da água e induzindo efeitos adversos na biota terrestre e aquática, em diferentes níveis de organização biológica. Ademais, o lixo de plástico em ambientes abertos, particularmente em ambientes aquáticos como lagos, lagoas e poças, pode fornecer criadouros para vetores de doenças zoonóticas, como o mosquito *Aedes spp.* que é o vetor da dengue e do Zika, o qual também pode ameaçar a saúde e a segurança pública em geral (SILVA *et al.*, 2021b).

Figura 22 – Registros fotográficos de máscaras descartáveis encontradas da Ilha de Soko, Hong Kong.



Fonte: OceansAsia (2020).

Em Bangladesh, com o aumento no uso de EPIs e plásticos descartáveis, conforme evidenciado anteriormente no tópico 4.1, observa-se um cenário crítico de descarte descontrolado desses resíduos, os quais são dispostos pela população em margens de estradas, espaços abertos adjacentes de edifícios e hospitais e nas redes de drenagem (Figura 23). Outro fator é o gerenciamento de resíduos perigosos das unidades de saúde, que não são gerenciados de forma eficaz devido à falta de atualização do sistema de gerenciamento de resíduos do país ao longo dos anos. A única forma de tratamento de resíduos médicos em uso no país é a disposição em aterros, como não há sistemas de incineração instalados, e a situação é ainda mais crítica em algumas unidades de saúde que realizam queima a céu aberto e outras até mesmo descartam os materiais infecciosos em lixeiras municipais (RAZZAK, 2020 apud HAQUE *et al.*, 2021).

Outros diversos estudos apontaram evidências de poluição por EPI em ambientes naturais e urbanos em diferentes países, o Quadro 5 apresenta os resultados e observações desses estudos.

Figura 23 – Registros fotográficos da disposição de resíduos em Bangladesh em (a) avental descartado após uso em frente ao hospital público de Chittagong; (b) luvas cirúrgicas usadas, sacos e outros itens de plástico descartável e (c) copos descartáveis dispostos na beira de estrada.



Fonte: Haque *et al.* (2021).

Quadro 5 – Resumos dos relatórios e evidências de poluição por EPIs em ambientes naturais e urbanos em diferentes países.

País	Ambiente	Resultados e observações	Referência
Peru	Praia	Evidência documental e fotográfica de EPIs em praias urbanas de Lima. Densidade média de $6,42 \times 10^{-5}$ PPE/m <sup>2</sup> , variando de 0 a $7,44 \times 10^{-4}$ PPE/m. <sup>2</sup>	(DE-LA-TORRE <i>et al.</i> , 2021)
Colômbia	Praia	Evidência fotográfica de máscaras faciais no Porto de Santa Marta.	(ARDUSO <i>et al.</i> , 2021)
	Rio	Evidência fotográfica de máscaras faciais nas tomadas de água do Rio Roble em Circasia, Quindío.	
Chile	Praia	Evidência fotográfica de máscaras faciais e lenços umedecidos na praia de Amarilla, Antofagasta e na praia de Papudo em Santiago.	
Argentina	Praia	Evidência fotográfica de máscaras faciais, frascos de medicamentos, luvas e protetores faciais nas praias de Claromecó, cidade de Bahía Blanca, Buenos Aires.	
Brasil	Cidade/ Urbano	Evidência fotográfica de máscaras faciais na cidade de Imbituba, Santa Catarina.	

País	Ambiente	Resultados e observações	Referência
Quênia	Cidade/ Urbano	Relato de EPIS em 11 das 14 ruas monitoradas dos condados de Kwale, Kilifi e Mombasa. A densidade variou de 0 a $\sim 0,3$ itens/m <sup>2</sup> .	(OKUKU <i>et al.</i> , 2020)
	Praia	Baixas densidade (variando de 0 a $5,6 \times 10^{-2}$ itens/m <sup>2</sup> ) foram encontradas nas praias urbanas dos três municípios.	
	Água superficial	Nenhum item relacionado a Covid-19 foi encontrado nos locais amostrados.	
Etiópia	Lago	Evidência fotográfica de máscaras faciais no Lago Tana, cidade de Bahir Dar. A Análise FTIR determinou a composição do polímero das máscaras como PP.	(ARAGAW, 2020)
Indonésia	Rio	Os rios Cilincing e Marinda, na cidade de Jacarta foram monitorados nos anos de 2016 e 2020. Em 2016 não foram encontrados EPIS. No entanto, em 2020, diferentes tipos de EPI, incluindo máscaras, luvas, trajes de proteção e protetores faciais, foram relatados em ambos os rios.	(CORDOVA <i>et al.</i> , 2021)
Canadá e Portugal	Cidade/ Urbano	Evidência fotográfica de máscaras, luvas, lenços umedecidos e frascos médicos.	(PRATA <i>et al.</i> , 2020)
Canadá	Cidade/ Urbano	Os resíduos de EPI foram monitorados na cidade de Toronto. Foram documentados 1.306 itens, principalmente luvas (44%) e máscaras faciais (31%). A densidade média foi de $1,01 \times 10^{-3}$ itens/m <sup>2</sup> .	(AMENDOLIA <i>et al.</i> , 2021)
Nigéria	Cidade/ Urbano	Evidência fotográfica de máscaras ao longo de uma rodovia e sistema de drenagem em Ile-Ife. O FTIR determinou que as máscaras eram feitas principalmente de PP e HDPE.	(FADARA; OKOFFO, 2020)

Fonte: Adaptado de De-la-Torre *et al.* (2021).

Ainda, na cidade de Daca em Bangladesh, durante o surto da Covid-19 pessoas recolhiam os EPIS dispostos de forma inadequada nos caixotes de resíduos abertos, adjacentes aos hospitais, lavavam e comercializavam os itens em algumas áreas da cidade. Observa-se que apenas este incidente isolado já é suficiente para compreender a importância e a necessidade de sistemas de gerenciamento de resíduos eficientes (HOSSAIN, 2020 apud HAQUE *et al.*, 2021), evidenciando que um sistema de gerenciamento de resíduos ineficiente e precário, quando em conjunto de uma má administração e negligência das autoridades responsáveis, resultam em situações de perigo para a saúde pública, bem como para o meio ambiente.

Devido à persistência e alta contagiosidade do vírus SARS-CoV-2, muitos países estão classificando todos os resíduos hospitalares como infecciosos, os quais precisam ser

incinerados a altas temperaturas, permitindo a esterilização, seguida do aterro das cinzas residuais (SILVA *et al.*, 2021b). Ao lidar com esse aumento repentino na quantidade de resíduos, ocasionado pela pandemia da Covid-19, as instalações convencionais de incineração alcançaram sua capacidade máxima e a indústria de gerenciamento resíduos começou a enfrentar uma imensa pressão sobre o manuseio de resíduos gerados pela Covid-19. Como exemplo desta situação, pode-se citar, a província de Hubei, na China, a qual registrou um aumento de cerca de 600 % no volume de resíduos infecciosos durante este período de pandemia (HAQUE *et al.*, 2021).

Ainda, cabe ressaltar que, durante a pandemia da Covid-19 os resíduos infecciosos não estão relacionados apenas as instalações hospitalares e centros de saúde, tendo em vista que muitos pacientes diagnosticados não necessitam de internação e permanecem em isolamento domiciliar. Uma vez que o vírus pode persistir em papelão, plástico e metais por horas a dias, conforme mostrado na Figura 24 (KAMPF *et al.*, 2020; DOREMALEN *et al.*, 2020 apud SHARMA *et al.*, 2020), despejar esses resíduos sem os devidos cuidados e sem seguir as recomendações de descarte, pode-se colocar em risco a vida dos trabalhadores envolvidos no gerenciamento dos resíduos (SHARMA *et al.*, 2020).

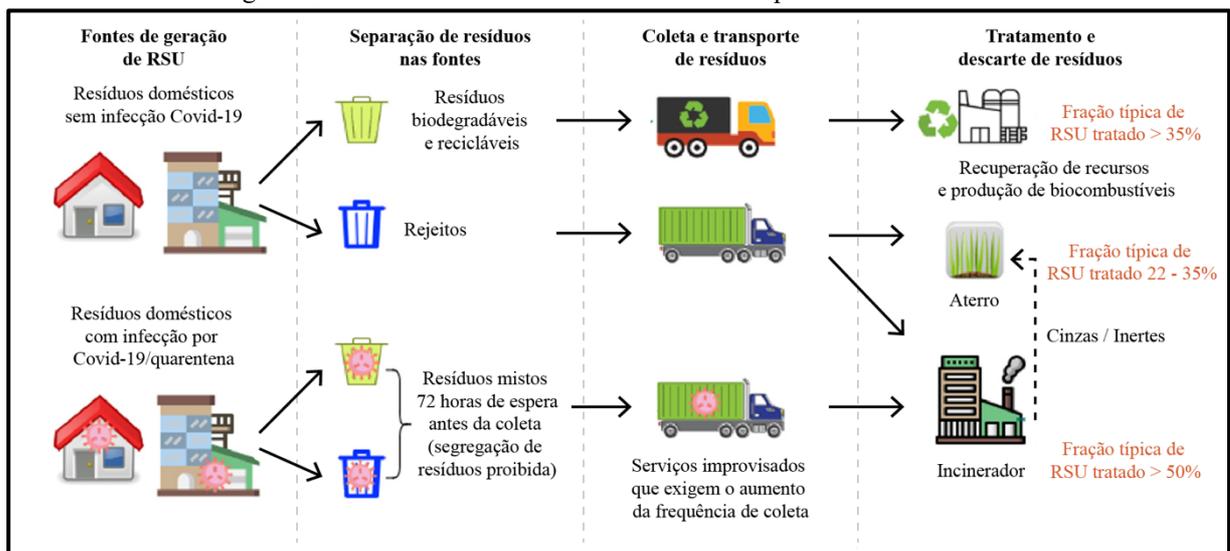
Figura 24 – Diferentes tipos de resíduos e a persistência do coronavírus em sua superfície.



Fonte: Adaptado de Sharma *et al.*, 2020.

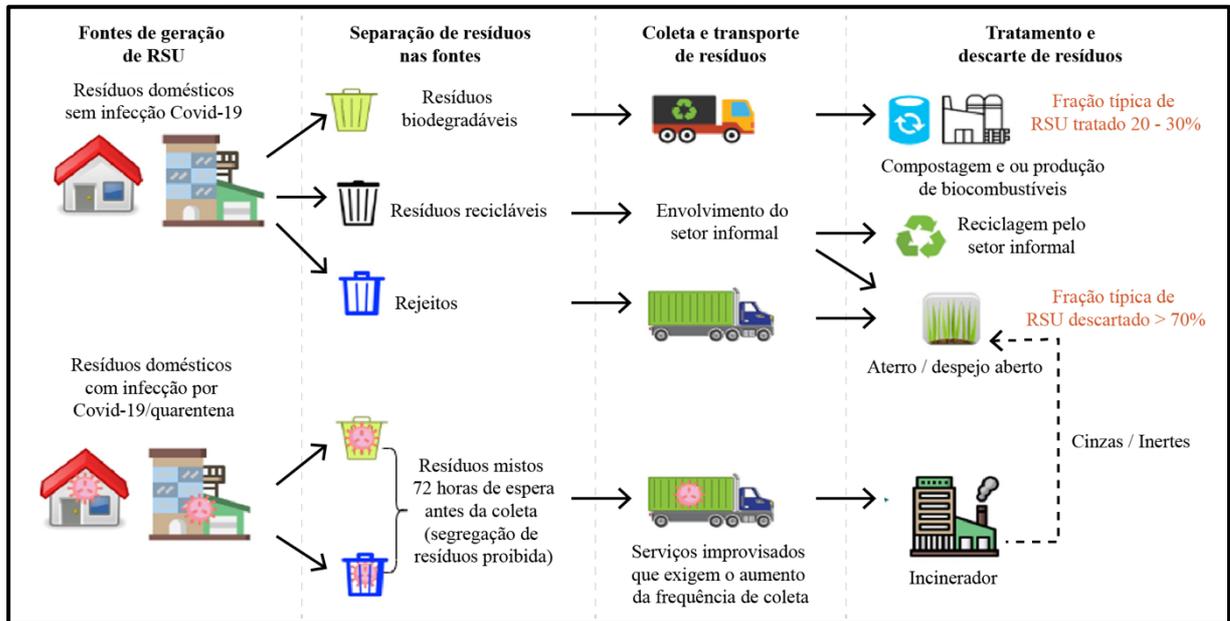
Com o intuito de proteger a saúde dos trabalhadores envolvidos no gerenciamento dos resíduos, bem como frear a propagação do vírus, diversos locais proibiram os residentes infectados de separar seus resíduos, e em alguns locais até mesmo suspenderam a coleta seletiva ou fecharam os pontos de entrega voluntária (PEV), priorizando assim a incineração e a disposição em aterros, diminuindo a vida útil dos aterros sanitários e levando ao desequilíbrio social, ambiental e econômico para as indústria de reciclagem e trabalhadores do setor informal (KAUFMAN; CHASAN, 2020 apud SHARMA *et al.*, 2020; CETESB, 2020 apud PENTEADO; CASTRO, 2021; VAVERKOVÁ *et al.*, 2021). Ainda, cabe ressaltar que essa redução na reciclagem de resíduos diverge totalmente dos objetivos da economia circular e dos ODS, além de contribuir para a poluição dos resíduos plásticos (SILVA *et al.*, 2021b). No geral, a Figura 25 e a Figura 26 resumem as principais mudanças implementadas no gerenciamento dos RSU durante a pandemia. O termo rejeito refere-se àqueles resíduos que não podem ser reciclados ou reutilizados de forma benéfica por razões econômicas, ambientais ou práticas.

Figura 25 – Gestão de resíduos sólidos urbanos em países desenvolvidos.



Fonte: Adaptado de Kulkarni e Anantharama (2020).

Figura 26 – Gestão de resíduos sólidos urbanos em países em desenvolvimento.



Fonte: Adaptado de Kulkarni e Anantharama (2020).

Ainda, para conseguir lidar com o aumento na quantidade dos resíduos, vários países tiveram que aumentar sua capacidade de gerenciamento e tratamento dos resíduos. A Espanha, por exemplo, recomendou que se necessário, mediante solicitação, as fábricas de cimento poderiam ser utilizadas para coincinerar os resíduos. Na Noruega, o governo permitiu mudanças temporárias nas licenças de aterros (e licenças para transportar os resíduos para outros lugares) (ACRPlus, 2020 apud KULKARNI; ANANTHARAMA). Após o primeiro surto na Coreia do Sul, o Ministério do Meio Ambiente divulgou "as medidas extraordinárias para a gestão e eliminação segura de resíduos", que incluíam (entre outras diretrizes) a incineração diária de resíduos relacionados com a Covid-19 (antes os resíduos podiam ficar armazenados por até 7 dias) (ILYAS; SRIVASTAVA; KIM, 2020 apud SILVA *et al.*, 2021a). Em Cingapura, os resíduos gerados em zonas de quarentena foram entregues em sacos de lixo lacrados para o caminhão de coleta, garantindo assim que os trabalhadores não fossem expostos a resíduos infectados, além disso a frequência de coleta de lixo nessas áreas aumentou para até três vezes ao dia, a fim de reduzir o risco de infecção (VAVERKÓVA *et al.*, 2021).

Já em países em desenvolvimento, que possuem menos recursos financeiros e geralmente não contam com uma gestão e um sistema de gerenciamento eficientes para lidar com a atual situação da pandemia (SILVA *et al.*, 2021b), este cenário apresentado na Figura 26 é bastante incomum, principalmente quando se trata de sistemas de incineração, os quais são

praticamente escassos nesses países (HAQUE *et al.*, 2021). Além disso, muitos desses países carecem até mesmo da mínima infraestrutura necessária para o correto gerenciamento dos resíduos, como lixeiras e sacos plásticos lacrados (SHARMA *et al.*, 2020), de forma que essa diferenciação de coleta em residências que não possuem moradores infectados com o SARS-CoV-2, daquelas que possuem, seja quase impossível.

Assim, uma parcela significativa dos resíduos plásticos da Covid-19 (máscaras faciais, luvas e materiais plásticos) descartados como resíduos mistos por cidadãos comuns (infectados ou não pelo vírus SARS-CoV-2), além dos resíduos não infecciosos de unidades de saúde e hospitais, está sendo depositada em aterros, ao invés serem destinados para incineração, conforme recomendado/priorizado por vários países e organizações internacionais (SILVA *et al.*, 2021a). Com isso, os aterros sanitários estão ficando sobrecarregados, o que a longo prazo pode resultar em falta de espaço, despejo ilegal e liberação de poluentes tóxicos (VANAPALLI *et al.*, 2021). Isso é particularmente preocupante, como já citado anteriormente, no caso de Bangladesh e em outros países em desenvolvimento, como Camboja, Filipinas, Índia, Indonésia, onde o aterro não controlado e o despejo indiscriminado prevaleciam antes da Covid-19 (DELHI, 2020; CORBURN *et al.*, 2020; SABOUR; ALM; HATAMI, 2020 apud SILVA *et al.*, 2021a).

Com o possível esgotamento da capacidade dos aterros já existentes, surge uma tremenda preocupação de que seja necessária a instalação de novos aterros, tendo em vista que atualmente é o método de disposição final mais utilizado nos países em desenvolvimento pelo fato de exigir baixa tecnologia e ser um método de baixo custo quando comparado com a incineração e a reciclagem. Assim, ao invés de tentar reduzir a quantidade de resíduos depositados em aterros, seguindo a economia circular e os ODS, a atual pandemia pode aumentar a dependência desta rota de disposição final (SILVA *et al.*, 2021a).

Consequentemente, com as cargas crescentes de resíduos da Covid-19 dispostas em aterro, juntamente com o aquecimento global, muito provavelmente será observado um aumento nos incêndios em aterros devido ao calor liberado pela intensa atividade biológica aeróbia. Tanto os incêndios como as emissões de poeiras em aterros já são conhecidos por prejudicarem significativamente o meio ambiente e a saúde humana devido as emissões de metais pesados, dioxinas, bifenilas policloradas (PCBs) e furanos. Portanto, o aumento da disposição de resíduos em aterros, e o consequente aumento na geração de poluição atmosférica no entorno podem piorar ainda mais este cenário (SILVA *et al.*, 2021a).

Outra preocupação a ser evidenciada é quanto aos lixiviados de aterro, tendo em vista que os aterros sanitário mundiais podem liberar em média  $5 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$  de lixiviados severamente contaminados, e sua composição consiste geralmente em nutrientes (nitrogênio primário), produtos farmacêuticos, outros compostos orgânicos, metais pesados e microplásticos. Com o descarte de EPIs em aterros durante a pandemia, futuramente poderá ser observado um aumento na liberação de microplásticos (SILVA *et al.*, 2021a).

Paralelamente a situação apresentada, como citado no tópico anterior e observado na Figura 26, sabe-se que a reciclagem de resíduos nos países em desenvolvimento é impulsionada, principalmente, pelo setor informal. Assim, durante a pandemia, enquanto o pessoal envolvido no manuseio de resíduos em todos os países tenta proteger suas comunidades, os trabalhadores do setor informal enfrentam riscos a sua própria saúde e meios de subsistência, à medida que os países se fecham e as economias desaceleram (WORLD BANK, 2020 apud KULKARNI; ANANTHARAMA, 2020). De acordo com Penteadó e Castro (2021), os catadores informais trabalharam individualmente ou em cooperativas não vinculadas a atendimento municipal, e não possuem auxílio financeiro emergencial durante a pandemia. Na Indonésia, para manter a subsistência diária, trabalhadores do setor informal de resíduos (cerca de 3,7 milhões de catadores) trabalharam sem quaisquer medidas de proteção (HAQUE *et al.*, 2021).

Somado a isso, a queda dos preços do petróleo durante a pandemia resultou em uma diminuição significativa no valor dos plásticos virgens, afetando grandemente a competitividade dos plásticos reciclados no mercado. Além disso, a escassez de funcionários no setor formal de resíduos devido ao medo da transmissão viral durante a coleta e manuseio de resíduos plásticos, juntamente com as restrições no transporte, ocasionaram um colapso na indústria de reciclagem de plástico (VANAPALLI *et al.*, 2021).

Assim, observa-se que as inadequações e discrepâncias nos sistemas de gerenciamento de resíduos sólidos existentes, abordadas neste estudo, podem levar ao descarte inadequado de resíduos, impactando grandemente a saúde pública e o meio ambiente, sendo extremamente necessária a adoção de políticas e medidas para adequar e/ou reformular a gestão e o gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos, principalmente em países em desenvolvimento, onde estão concentrados os cenários mais críticos.

#### 4.3 PRINCIPAIS RECOMENDAÇÕES E BOAS PRÁTICAS PARA O GERENCIAMENTO DOS RSU DURANTE A PANDEMIA COVID-19

Os resíduos gerados durante a pandemia levantaram preocupações quanto ao papel potencial dos resíduos na disseminação da infecção. Algumas organizações internacionais, como a OMS, a Convenção de Basileia, Comunidade Europeia (CE), Centro Europeu para Prevenção e Controle de Doenças (ECDC), Associação Internacional de Resíduos Sólidos (em inglês: *International Solid Waste Association – ISWA*) e o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), publicaram as diretrizes ou relatórios sobre a gestão correta de resíduos médicos e resíduos domésticos, o Quadro 6 resume as principais informações.

Quadro 6 – Resumo de algumas das principais diretrizes de resposta e planos de orientação para a pandemia da Covid-19.

Diretrizes e políticas	Instituição ou país	Conteúdo principal
Água, saneamento, higiene e gestão de resíduos para o vírus da Covid-19: orientação provisória	OMS	Orientação da OMS sobre abastecimento de água relacionado a vírus, saneamento, higiene pessoal e gestão de resíduos para vários tipos de vírus, incluindo coronavírus.
Água, saneamento, higiene e gestão de resíduos para Covid-19: resumo técnico		
Gerenciamento de resíduos durante a pandemia de Covid-19: da resposta à recuperação	PNUMA	Informações práticas, sugestões e orientações sobre Gerenciamento de Resíduos Médicos e Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos
Ficha técnica sobre gestão ambientalmente correta de resíduos médicos	Convenção de Basileia	Apoia a implementação da gestão ambientalmente saudável de resíduos perigosos e outros resíduos
Gerenciamento de resíduos durante a pandemia da Covid-19	ISWA	Recomendações sobre três prioridades para gestão de resíduos
Prevenção e controle de infecção no manejo doméstico de pessoas com suspeita ou confirmada para doença do coronavírus (Covid-19)	ECDC	Gestão de resíduos domésticos
Gerenciamento de resíduos no contexto da crise do coronavírus	CE	Fornecer orientação sobre a prevenção e redução de interrupções na prestação de adequada dos serviços de gestão de resíduos
Guia de Gerenciamento e Técnicas de Tratamento e Descarte de Resíduos Médicos em Emergências Causadas por Covid-19	China	Diretrizes técnicas e de gestão sobre tratamento de emergência para tratamento de resíduos hospitalares para instituições
Diretrizes para manuseio, tratamento e descarte de resíduos gerados durante o tratamento / diagnóstico / quarentena de pacientes com Covid-19	Índia	Fornecer orientações sobre a segregação de resíduos sólidos em geral e resíduos biomédicos e recomenda o descarte de EPIs

Fonte: Adaptado de Liang *et al.* (2021).

Penteado e Castro (2021) analisaram as medidas e recomendações de oito organizações, em diferentes âmbitos (mundial, regional e nacional), relacionando-as com os diferentes atores abordados: geradores de resíduos (cidadãos), trabalhadores e empregadores do setor de resíduos (prestadores de serviços) e autoridades locais. O Quadro 7 resume as principais medidas/recomendações destas oito organizações.

Quadro 7 – Medidas e recomendações para manuseio e gerenciamento de resíduos sólidos por organismos internacionais.

<b>Organização</b>	<b>Alcance</b>	<b>Medidas/recomendações</b>	<b>Atores</b>
Convenção de Basileia	Mundial	- Coleta e descarte separado de lixo doméstico gerado por pacientes com Covid-19.	Cidadãos
Centros de Controle e Prevenção de Doenças (em inglês: <i>Centers for Disease Control and Prevention – CDC</i> )	Nacional (EUA)	- Observar o distanciamento social e correto uso dos EPIs; - Reforçar os padrões de higiene pessoal e higienização de objetos e superfícies regularmente.	Trabalhadores do setor de resíduos
		- Fornecer informações adequadas sobre os riscos da Covid-19; - Garantir o distanciamento social e fornecer EPIs adequados; - Assegurar o uso adequado e a frequência de troca dos EPIs; - Fornecer material e suprimentos de higienização; - Higienizar e limpar objetos e superfícies regularmente.	Empregadores do setor de resíduos
CE	Regional (UE)	- Coleta e descarte separado de lixo doméstico por pacientes com Covid-19.	Cidadãos
		- Garantir o distanciamento social; - Fornecer material e suprimentos de higienização e desinfecção; - Garantir padrões aprimorados de higiene pessoal, e o uso e a frequência de troca de EPIs.	Empregadores do setor de resíduos
ISWA	Mundial	- Observar distanciamento social e uso adequado de EPIs; - Higienizar e limpar objetos e superfícies regularmente.	Trabalhadores do setor de resíduos
		- Fornecer EPI adequado e garantir padrões de higiene pessoal aprimorados; - Descontinuar imediatamente a triagem manual de resíduos mistos ou recicláveis misturados, incluindo a desativação e substituição das etapas manuais em sistemas mecânico-manuais; - Fornecer informações adequadas sobre a Covid-19.	Autoridades locais e empregadores do setor de resíduos

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Manter a segregação adequada de resíduos recicláveis;</li> <li>- Considerar o armazenamento a longo prazo dos resíduos recicláveis;</li> <li>- Coleta e descarte separados de resíduos domésticos gerados por pacientes com Covid-19;</li> <li>- Padrões de higiene pessoal aprimorados.</li> </ul>	Cidadãos
Administração de Segurança e Saúde Ocupacional (em inglês: <i>Occupational Safety and Health Administration – OSHA</i> )	Nacional (EUA)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Observar o distanciamento social;</li> <li>- Uso adequado de EPI;</li> <li>- Evitar processos como trituração de resíduos.</li> </ul>	Trabalhadores do setor de resíduos
Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (em inglês: <i>Environmental Protection Agency – USEPA ou EPA</i> )	Nacional (EUA)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Foco na prevenção a geração de resíduos sempre que possível;</li> <li>- Coleta e descarte separados de resíduos domésticos gerados por pacientes com Covid-19;</li> <li>- Manter a segregação adequada de resíduos recicláveis;</li> <li>- Considerar o armazenamento de recicláveis a longo prazo.</li> </ul>	Cidadãos
OMS	Mundial	- Padrões de higiene aprimorados.	Trabalhadores do setor de resíduos
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Separar e acondicionar adequadamente o lixo doméstico gerado por pacientes com Covid-19;</li> <li>- Padrões de higiene pessoal aprimorados.</li> </ul>	Cidadãos
		- Garantir que o lixo doméstico gerado por pacientes com Covi-19 seja destinado a aterros sanitários.	Autoridades locais
Mulheres no emprego informal: Globalizar e organizar (em inglês: <i>Women in Informal Employment: Globalizing and Organizing – WIEGO</i> )	Mundial	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Observar o distanciamento social;</li> <li>- Uso adequado de EPIs;</li> <li>- Higienizar regularmente os objetos e superfícies;</li> <li>- Padrões de higiene aprimorados;</li> <li>- Fornecer informações adequadas sobre os riscos da Covid-19.</li> </ul>	Trabalhadores do setor de resíduos

Fonte: Adaptado de Pentead e Castro (2021).

Conforme observado por Pentead e Castro (2021) os prestadores de serviços (trabalhadores e empregadores) são mencionados por seis organizações das oito mencionadas no Quadro 7, bem como os geradores (cidadãos) são mencionados em cinco. Observa-se que a prevalência de recomendações dirigidas a esses atores, provavelmente, se deve ao fato de estarem diretamente envolvidos nos primeiros passos do gerenciamento dos resíduos, realizando atividades como a geração e segregação dos resíduos na fonte, coleta e, no caso de

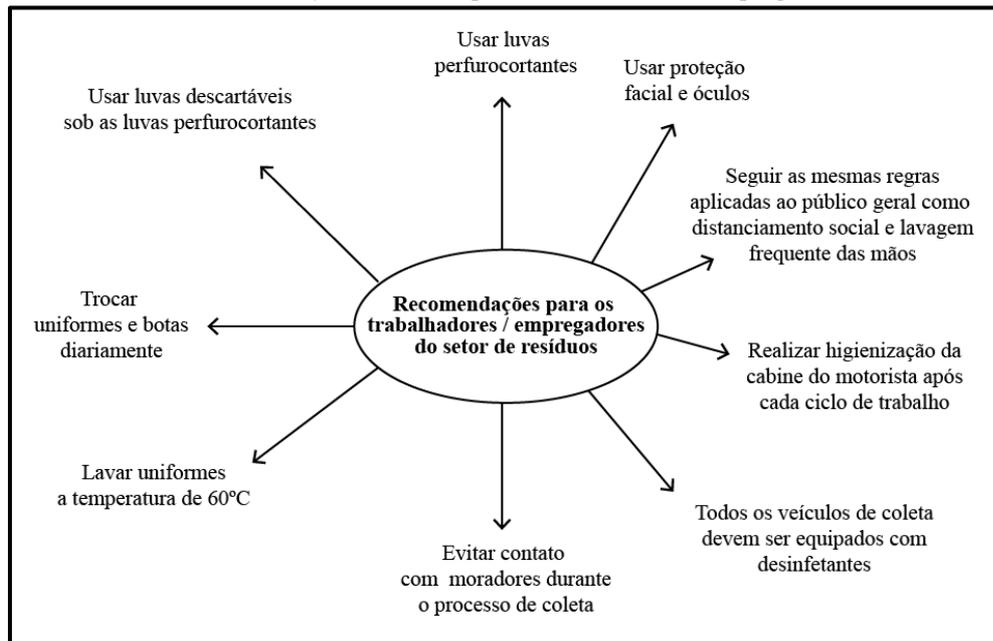
resíduos recicláveis, triagem e processamento, os quais são extremamente essenciais para o correto gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos.

Dentre as organizações citadas no Quadro 7, e que apresentaram recomendações/medidas para os cidadãos, uma medida específica é comum entre todas, a medida relacionada a coleta e descarte separados de resíduos domésticos gerados por pacientes com Covid-19. Diante disso, observa-se a importância da atuação da população para realizar essa segregação corretamente, mas também existe a responsabilidade das autoridades locais de providenciarem essa coleta diferenciada nas residências com casos positivos de Covid-19.

Outra recomendação, apresentada pela Associação de Cidades e Regiões para a Gestão Sustentável de Recursos (em inglês: *Association of Cities and Regions for sustainable Resource management – ACR+*), é que a coleta de resíduos deve ser adiada em 72 h para evitar a sobrevivência do vírus da Covid-19 no ambiente. Nos casos de residentes positivados para a doença da Covid-19, os mesmos precisam ser transferidos diretamente para incineradores ou aterros sanitários sem qualquer separação (ACRPLUS, 2020 apud HANTOKO *et al.*, 2021). Ainda, em alguns países, como Reino Unido, por exemplo, as agências de saúde pública recomendam que todos os resíduos que tiveram contato com pessoas infectadas com o vírus Sars-CoV-2 sejam ensacados duas vezes e armazenados por 72 h, e somente colocados para coleta comum se o resultado do teste da Covid-19 retornar negativo (VAVERKOVÁ *et al.*, 2021).

Essas medidas possuem como objetivo principal a proteção dos trabalhadores do setor de resíduos, pois os resíduos contaminados com o SARS-CoV-2 podem representar riscos a saúde dos mesmos, tendo em vista que os trabalhadores podem ser expostos a bioaerossóis contaminados e itens de pessoas infectadas (VAVERKÓVA *et al.*, 2021). Neste sentido, a ISWA apresentou diversas medidas a serem tomadas pelos trabalhadores desse setor durante a pandemia, as quais são apresentadas de forma resumida na Figura 27.

Figura 27 – Resumo das recomendações da ISWA para os trabalhadores/empregadores do setor de resíduos.



Fonte: Mavropoulos (2020 apud VAVERKÓVA 2021).

Outras recomendações dadas por organizações, além das citadas anteriormente, foram apresentadas por Hantoko *et al.* (2021) como por exemplo:

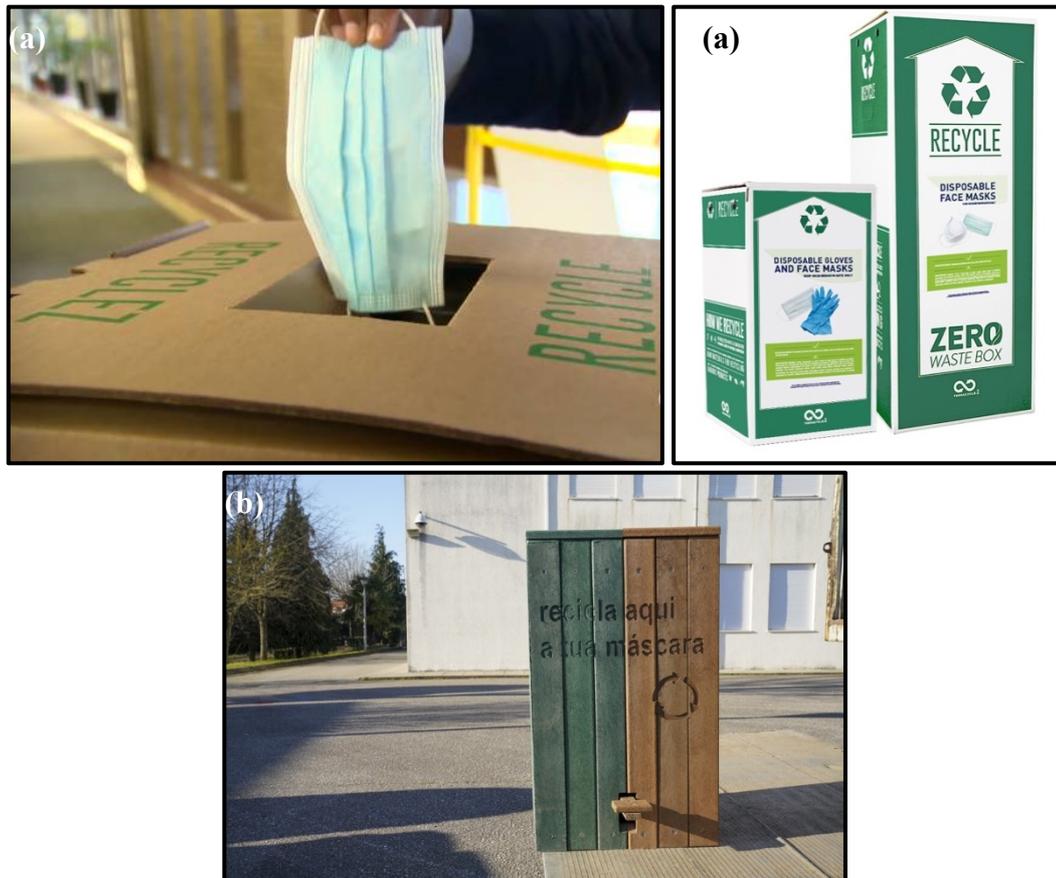
- Aumentar a frequência de coleta para atender o incremento na produção de resíduos;
- Evitar superlotação e horários de pico na definição da rota e o horário das coletas;
- Oferecer treinamentos específicos para os funcionários que serão expostos aos resíduos da Covid-19;
- Fornecer um cronograma dedicado a coleta de resíduos perigosos das residências para evitar a mistura com os RSU.

Ainda, é possível citar a experiência de alguns países, como a Coreia do Sul, por exemplo, que implementou medidas extraordinárias e rígidas para o gerenciamento e disposição segura dos resíduos (as quais foram anteriormente aplicadas contra a Mers), antes mesmo de a Covid-19 ser declarada uma pandemia. Por meio de um sistema de taxa de RSU com base em volume, os sul-coreanos podem comprar sacolas coloridas que possuem um padrão para cada tipo de resíduo (por exemplo, amarelo para resíduos alimentares; azul para resíduos gerais). Durante o Covid-19, eles contam com sacos rotulados como “resíduos para incineração” e

“resíduos para aterro”, bem como um cronograma de coleta de resíduos perigosos das residências. Isso ajudou a gerenciar os resíduos de forma correta, possibilitando a separação dos EPIs ou outros resíduos gerados por pessoas contaminadas, e o encaminhamento dos mesmos diretamente para a incineração, além de possibilitar um controle dos resíduos que estavam indo para aterros, impondo um comportamento público correto (SILVA *et al.*, 2021a).

Em Montreal, no Canadá, e no município de Guimarães, em Portugal, recipientes específicos para coleta de EPIs usados foram instalados em vários locais da cidade. Essa medida tem como objetivo motivar os cidadãos comuns a descartar com segurança suas máscaras e propiciar a descontaminação desses resíduos para posterior reciclagem/reaproveitamento. Essa prática também foi observada em outros locais como Wuhan, na China, e Bangkok, na Tailândia (SILVA *et al.*, 2021a). A Figura 28 apresenta os recipientes utilizados nos municípios de Montreal e Guimarães.

Figura 28 – Recipientes para coleta de EPIs nos municípios de Montreal, no Canadá (a) e Guimarães, em Portugal (b).



Fonte: Município de Guimarães (2021); Carpenter (2020); Terracycle (2022).

Máscaras coletadas em lixeiras específicas podem ser recicladas a partir de tratamentos térmicos a 190-230 °C ou 300-400 °C (pirolise), permitindo a conversão do polipropileno em combustíveis líquidos, os quais podem ser usados como fonte de energia similar aos combustíveis fósseis. Ou então, também podem ser usadas para fabricação de pellets para fazer caixas, bandejas ou até mesmo pavimentos (BATTEGAZZORE; CRAVERO; FRACHE, 2020; JAIN *et al.*, 2020; JUNG *et al.*, 2020 apud SILVA *et al.*, 2021a).

Neste mesmo sentido, a China utilizou instalações de tratamento no local/móveis, como Sterilwave SW440 (aplicando esterilização por micro-ondas a 110 °C), com capacidade de tratamento de até 80 kg/h de resíduos. Após a desinfecção, os resíduos plásticos não ameaçam mais a saúde pública e podem seguir suas rotas regulares de disposição final. Outros métodos de desinfecção também podem ser utilizados, como por exemplo ozônio, radiação ultravioleta (UV), autoclave e/ou um período de quarentena (>72 h), os quais permitem uma reciclagem segura e devem ser incentivados (SILVA *et al.*, 2021a).

Além disso, tendo em vista que as empresas de reciclagem em todo o mundo já enfrentavam uma crise econômica devido ao baixo custo da produção de plásticos virgens em comparação com os plásticos reciclados, e que a Covid-19 agravou ainda mais esse cenário, devido ao medo da transmissão do vírus, em Hong Kong, na China, o governo introduziu um programa de bonificação para encorajar a reciclagem de resíduos. Esse programa inclui: (a) Auxílio no pagamento do aluguel das instalações de reciclagem, no qual o governo custeia 50% aluguel, ou até HK\$ 25.000 e (b) Suporte nos custos operacionais das instalações de reciclagem com um valor de HK\$ 20.000 (SILVA *et al.*, 2021a).

Ainda, Das *et al.* (2020) apresenta uma alternativa para substituir os plásticos sintéticos por soluções de base biológica na produção de EPIs. Em seu estudo, o biopolímero de glúten de trigo (um subproduto ou coproduto de cereais em indústrias) pode ser eletrofiado em membranas de nanofibras e posteriormente carbonizado a mais de 700 °C para formar uma estrutura de rede, que pode atuar simultaneamente como meio filtrante e reforço para máscaras à base de glúten. Esse material de glúten pode ser reforçado com quantidades muito baixas de lanosol juntamente com o tapete carbonizado e moldado por termoformagem para criar as máscaras faciais (apud SILVA *et al.*, 2021a).

No entanto, para Vanapalli *et al.* (2021), mesmo que os EPIs sejam feitos desses materiais (bioplásticos), essa não seria a salvação para a crise atual, pois as soluções de plástico biodegradável por si só não são a resposta para reduzir a geração de resíduos e a poluição ambiental. Ressalta-se ainda que, o elemento essencial para prevenir a poluição e outros

impactos ambientais é o descarte e o gerenciamento adequados dos EPIs e todos os resíduos, sendo realizado de acordo com as orientações dadas pelas autoridades competentes (VANAPALLI *et al.*, 2021).

Complementarmente, observa-se que, além de um gerenciamento e descarte adequado, é de extrema importância o incentivo a redução da geração desses resíduos. Diante disso, várias estratégias podem ser utilizadas para reduzir significativamente a geração de resíduos de EPIs e plásticos descartáveis. No caso do EPI, além das práticas de distanciamento social, que contribuem para a não geração (tendo em vista que não será necessário o uso de EPI, como no caso do trabalho remoto), alternativas de reutilização de EPI também podem ser uma ótima solução. Isso é possível através do uso de técnicas de desinfecção, no caso da máscara N95, por exemplo, pode-se utilizar a descontaminação a vapor para que as máscaras possam ser utilizadas novamente, e assim, conseqüentemente reduzir a geração desse tipo de resíduo (SILVA *et al.*, 2021a). Outras técnicas como irradiação ultravioleta germicida (em inglês: *Ultraviolet Germicid Irradiation - UVGI*), tratamento térmico e processos de desinfecção químico, também podem ser utilizadas, sendo a reutilização de EPIs por meio dessas técnicas de desinfecção um processo energeticamente eficiente, econômico e ambientalmente correto, reduzindo o volume de resíduos em 93 % e o consumo de recursos naturais em 28 % (DERRAIK *et al.*, 2020; JESSOP *et al.*, 2020 apud HAQUE *et al.*, 2021).

No caso dos plásticos descartáveis e demais resíduos, adicionais cuidados devem ser tomados para que não haja um retrocesso nas iniciativas de redução, reutilização e reciclagem (3Rs) já estabelecidas (PENTEADO; CASTRO, 2021), bem como, é de extrema importância que os governos incluam reforços nas políticas dos 3Rs por meio da implementação de programas de incentivo/recompensa; envolvimento do público em geral em atividades de reciclagem (incluindo EPI); reorganização das estratégias de coleta e tratamento de resíduos sólidos urbanos para promover a reciclagem e compensar os novos fluxos de reciclagem de EPI; além de proporcionar melhorias nas instalações de gerenciamento de resíduos (deve ser dada prioridade a abordagens flexíveis e descentralizadas) através de mecanismos financeiros eficazes (SILVA *et al.*, 2021a).

De fato, no início da pandemia o foco estava em atender a uma situação emergencial, mas agora que a pandemia deve durar por um longo período de tempo, adicionais cuidados devem ser tomados para não retroceder nas iniciativas de redução, reutilização e reciclagem já estabelecidas, como no caso dos plásticos descartáveis, sendo de extrema importância a

conscientização e o engajamento do cidadão (PENTEADO; CASTRO, 2021), além de dar continuidade ao cenário em que se estava antes da pandemia, onde diversas políticas para proibição dos plásticos descartáveis, bem como o incentivo a reutilização, estavam sendo implementadas.

Além disso, autoridades das nações em desenvolvimento precisam colocar sua atenção na modificação do sistema de reciclagem de resíduos existente, começando pelo setor informal de reciclagem (tendo em vista que estes foram os mais atingidos durante este período de pandemia) até ao nível do fabricante. Como uma abordagem para a indústria integrada de reutilização e reciclagem, as reformas políticas devem incluir: atualização do setor informal para uma entidade reconhecida e registrada, programas de pagamento conforme o lançamento (sistema conhecido como pay-as-you-throw – PAYT), incentivos econômicos como: renúncia fiscal, assistência técnica, utilidades e espaço subsidiados, mercado de reciclagem e atendimento a possíveis acidentes e riscos ambientais (HAQUE *et al.*, 2021).

Por fim, Liang *et al.* (2021) ressalta que não existe uma única solução para o adequado gerenciamento dos resíduos sólidos. Para diferentes países ou regiões, bem como tipos de resíduos, diferentes soluções devem ser adotadas. Assim, torna-se essencial a criação de políticas e regulamentos locais, além de infraestrutura, principalmente para lidar com situações de crise, como a Covid-19. No entanto, o verdadeiro problema não está em como formular essas políticas (na falta, podem ser adotadas políticas e orientações de outras instituições), mas sim em como implementá-las com sucesso, pois isso requer a mobilização de esforços e recursos dos governos locais.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo visou apresentar os principais impactos da pandemia da Covid-19 no que diz respeito a produção e gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos, além de evidenciar as principais recomendações de diferentes organizações, para lidar com essa nova situação. Para atender tal objetivo foi realizada uma pesquisa bibliográfica utilizando as bases de dados ScienceDirect e Scopus, possibilitando o acesso as principais publicações sobre o tema.

Como parte dos resultados desta pesquisa, observou-se que a doença da Covid-19 ocasionou diversos impactos em todo o mundo, desde a mudança no comportamento da população, que conseqüentemente afeta o fluxo de produção de resíduos, até impactos na gestão e gerenciamento dos resíduos. Especificamente no que diz respeito a temática de resíduos, pode-se dizer que a pandemia alterou a composição e a quantidade de resíduos, além da frequência e tempo de descarte.

A produção de resíduos sólidos urbanos foi fortemente influenciada pelo aumento das compras de comida online e a preocupação com a higiene, que fez com que as pessoas voltassem a optar pelo uso de plásticos descartáveis devido a sensação de segurança atrelada ao uso destes, além do uso de EPIs, que aumentou drasticamente durante este período, e em muitos casos, possuem como destino final os aterros sanitários.

Assim, devido ao aumento na produção dos resíduos sólidos urbanos, torna-se evidente a necessidade do correto gerenciamento dos mesmos. Entretanto, muitos países encontraram diversas dificuldades para continuarem executando esse serviço de forma adequada, além dos países em desenvolvimento que já enfrentavam diversos desafios neste setor antes mesmo da pandemia. Observou-se ainda, que nesses países os aterros sanitários têm sido a principal tecnologia para tratar os resíduos plásticos da pandemia da Covid-19. Essa situação é bastante preocupante e os impactos tanto para o meio ambiente, como para a saúde pública no geral, só serão sentidos daqui há alguns anos.

Ainda, conforme observado por Haque *et al.* (2021), nas nações em desenvolvimento a atenção prospectiva das autoridades e dos formuladores de políticas deve ser voltada aos trabalhadores de resíduos (particularmente, do setor informal), os quais foram reconhecidos como o grupo mais vulnerável durante esse período sem precedentes. Assim, se faz necessária a obrigatoriedade da implementação de políticas e programas que ofereçam um suporte

abrangente de cuidados e proteção à saúde (fornecendo EPIs adequados, por exemplo) e assistência financeira dos trabalhadores deste setor.

Quando analisadas as principais recomendações das diversas organizações citadas neste trabalho, para este período de pandemia, a prevenção de resíduos raramente é mencionada como estratégia de gerenciamento dos RSU, exceto pela USEPA. No entanto, o principal objetivo da prevenção nesses casos é reduzir a quantidade de resíduos e evitar a sobrecarga dos sistemas de gerenciamento de resíduos sólidos municipais, principalmente quanto à coleta, mão de obra e disposição em aterro (PENTEADO; CASTRO, 2021), e deveriam ser fortemente recomendadas. Desse modo, é de extrema importância o fornecimento de diretrizes práticas para consumidores e cidadãos sobre como reduzir o consumo de produtos de plásticos descartáveis e educar sobre abordagens sustentáveis e melhores alternativas de descarte.

Dentre algumas das boas práticas apresentadas, observa-se que uma estratégia simples, como a disponibilização de recipientes para descarte de EPIs em locais públicos, se implementada em todo mundo, e for aliada a um envolvimento significativo dos cidadãos comuns, juntamente com o estabelecimento de infraestrutura básica, poderia reduzir significativamente a quantidade de EPIs dispostos em aterros sanitários ou de formas inadequadas (como em cursos hídricos e lixões). Além disso, reforça-se a necessidade da implementação de tecnologias de desinfecção para possibilitar a reciclagem ou até mesmo a reutilização de EPIs.

Ainda, demonstrando a existência de uma lacuna a ser preenchida, através deste estudo foi possível observar que muitos países não apresentaram estudos conclusivos sobre a temática, além da falta de dados quantitativos, os quais só começaram a ser publicados após a conclusão deste trabalho, como exemplo, pode-se citar o Brasil.

Por fim, conforme observado no tópico 4.2 deste trabalho, sabe-se que as condições do setor de gerenciamento de resíduos dos países em desenvolvimento, bem como a situação financeira, são um fator limitante para a implementação de técnicas de tratamento mais adequadas. Além disso, não se pode esperar que diante de uma situação crítica como a pandemia, países que costumam despejar seus resíduos a céu aberto sem nenhuma preocupação com a saúde pública e os impactos ambientais, consigam atender a todas as recomendações fornecidas, sendo necessário que os governos voltem seus olhares para o setor de resíduos, o qual é muitas vezes esquecido e frequentemente sofre com a falta de investimento. Com isso, espera-se que seja possível aprender com este período tão caótico, para que os sistemas de

gerenciamento estejam preparados para enfrentar futuras pandemias ou até mesmo em outras situações de emergência.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Valdete Santos. **Gestão de Resíduos Especiais em Universidade**: estudo de caso da Universidade Federal de São Carlos. 2002. 154 p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/4252/DissVSA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 15 dez. 2021.

BARLES, Sabine. History of Waste Management and the Social and Cultural Representations of Waste. **Environmental History**, p. 199-226, 2014. Springer International Publishing. [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-09180-8\\_7](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-09180-8_7).

BRASIL. **Lei Federal nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília. 2010.

BRASIL. **Lei Federal nº 14.026, de 15 de julho de 2020**. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento, a Lei nº 10.768, de 19 de novembro de 2003, para alterar o nome e as atribuições do cargo de Especialista em Recursos Hídricos, a Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005, para vedar a prestação por contrato de programa dos serviços públicos de que trata o art. 175 da Constituição Federal, a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, para aprimorar as condições estruturais do saneamento básico no País, a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, para tratar dos prazos para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, a Lei nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015 (Estatuto da Metrópole), para estender seu âmbito de aplicação às microrregiões, e a Lei nº 13.529, de 4 de dezembro de 2017, para autorizar a União a participar de fundo com a finalidade exclusiva de financiar serviços técnicos especializados. Brasília, 2020.

CARPENTER, Phil. **Coronavirus**: More Montreal communities adopting PPE recycling. 2020. Disponível em: <https://globalnews.ca/news/7498244/coronavirus-ppe-recycling-montreal/>. Acesso em: 10 fev. 2022.

DE-LA-TORRE, Gabriel E. et al. Occurrence of personal protective equipment (PPE) associated with the COVID-19 pandemic along the coast of Lima, Peru. **Science Of The Total Environment**, v. 774, p. 145774, jun. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145774>.

DIAS NETO, Antônio Alves. **Gestão de resíduos sólidos**: uma discussão sobre o papel das políticas públicas e arranjos institucionais do estado. 2009. 239 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental Urbana, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2009. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/18496>. Acesso em: 20 jan. 2022.

EUROSTAT. **Waste statistics**. 2021. 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: 20 fev. 2022.

FAN, Yee VAN *et al.* An update of COVID-19 influence on waste management. **Science Of The Total Environment**, v. 754, p. 142014, fev. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142014>.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017. 192 p.

GÜNTHER, Wanda Maria Risso. **Resíduos sólidos no contexto da saúde ambiental**. 2008. Tese (Livre Docência em Resíduos Sólidos) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008. doi:10.11606/T.6.2010.tde-19072010-144112. Acesso em: 2022-02-27.

HANTOKO, Dwi *et al.* Challenges and practices on waste management and disposal during COVID-19 pandemic. **Journal Of Environmental Management**, v. 286, p. 112140, maio 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112140>.

HAQUE, Md. Sazzadul *et al.* Coronavirus disease 2019 (COVID-19) induced waste scenario: a short overview. **Journal Of Environmental Chemical Engineering**, v. 9, n. 1, p. 104660, fev. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jece.2020.104660>.

JUCÁ, José Fernando. **Análise das Diversas Tecnologias de Tratamento e Disposição Final de Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão**. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES. 2014.

KAZA, Silpa *et al.* **What a Waste 2.0: a global snapshot of solid waste management to 2050**. Washington, DC: World Bank, 2018. 38p. <http://dx.doi.org/10.1596/978-1-4648-1329-0>.

KÖCHE, José Carlos. **Fundamentos de metodologia científica: teoria da ciência e iniciação à pesquisa**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2011. 185 p.

KOLLIKATHARA, Naushad; FENG, Huan; STERN, Eric. A purview of waste management evolution: special emphasis on USA. **Waste Management**, v. 29, n. 2, p. 974-985, fev. 2009. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2008.06.032>.

KULKARNI, Bhargavi N.; ANANTHARAMA, V.. Repercussions of COVID-19 pandemic on municipal solid waste management: challenges and opportunities. **Science Of The Total Environment**, v. 743, p. 140693, nov. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140693>.

LEAL FILHO, Walter *et al.* Benchmarking approaches and methods in the field of urban waste management. **Journal Of Cleaner Production**, v. 112, p. 4377-4386, jan. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.065>.

LEAL FILHO, Walter *et al.* COVID-19 and waste production in households: a trend analysis. **Science Of The Total Environment**, v. 777, p. 145997, jul. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145997>.

LIANG, Yangyang *et al.* Repercussions of COVID-19 pandemic on solid waste generation and management strategies. **Frontiers Of Environmental Science & Engineering**, v. 15, n. 6, 5 mar. 2021. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11783-021-1407-5>.

LOURENÇO, Joaquim Carlos. **Gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos: panorama, conceitos, aplicações e perspectivas**. Campina Grande, PB: Ed. do Autor, 2019. 120 p.

MARSHALL, Rachael E.; FARAHBAKHS, Khosrow. Systems approaches to integrated solid waste management in developing countries. **Waste Management**, v. 33, n. 4, p. 988-1003, abr. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2012.12.023>.

MASKS FOR ALL. **What Countries Require Public Mask Usage To Help Contain COVID-19? 2022**. Disponível em: <https://masks4all.co/what-countries-require-masks-in-public/>. Acesso em: 20 jan. 2022.

MATIAS, M. S. **Desenvolvimento e aplicação de ferramenta de apoio à decisão para avaliação de estratégias de gerenciamento de resíduos sólidos domiciliares**. 285 p. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2021b.

MATIAS, M. S. *et al.* Solid waste policy in Brazil: learnings and challenges after a decade of implementation. **International Journal of Environment and Waste Management**, Florianópolis, 2021a.

MUNICÍPIO DE GUIMARÃES. **Município de Guimarães coloca ecopontos em escolas para coleta e valorização de máscaras**. 2021 Disponível em: <https://www.cm-guimaraes.pt/viver/noticias/noticia/municipio-de-guimaraes-coloca-ecopontos-em-escolas-para-recolha-e-valorizacao-de-mascaras>. Acesso em: 01 fev. 2022.

NATHANSON, Jerry. **Solid-Waste Management**. Encyclopedia Britannica, 2020. Disponível em: <https://www.britannica.com/technology/solid-waste-management>. Acesso em: jan. 2022.

OCEANSASIA. **No Shortage of Surgical Masks at the Beach**. 2020. Disponível em: <https://oceansasia.org/beach-mask-coronavirus/>. Acesso em: 20 jan. 2022.

ORGANISATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **Municipal waste (indicator)**. 2022. Disponível em: <https://data.oecd.org/waste/municipal-waste.htm>. Acesso em: 03 jan. 2022.

ORGANISATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **Environment at a Glance 2020**. Paris. 2020. Disponível em: [https://www.oecd-ilibrary.org/environment/environment-at-a-glance/volume-/issue-\\_4ea7d35f-en](https://www.oecd-ilibrary.org/environment/environment-at-a-glance/volume-/issue-_4ea7d35f-en). Acesso em: jan. 2022.

OYEDOTUN, Temitope D. Timothy et al. Municipal waste management in the era of COVID-19: perceptions, practices, and potentials for research in developing countries. **Research In Globalization**, v. 2, p. 100033, dez. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.resglo.2020.100033>.

PENTEADO, Carmenlucia Santos Giordano; CASTRO, Marco Aurélio Soares de. Covid-19 effects on municipal solid waste management: what can effectively be done in the brazilian scenario?. **Resources, Conservation And Recycling**, v. 164, p. 105152, jan. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105152>.

PRATA, Joana C. *et al.* COVID-19 Pandemic Repercussions on the Use and Management of Plastics. **Environmental Science & Technology**, v. 54, n. 13, p. 7760-7765, 12 jun. 2020. American Chemical Society (ACS). <http://dx.doi.org/10.1021/acs.est.0c02178>.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013. 276 p.

RICHTER, Amy *et al.* Identification of behaviour patterns in waste collection and disposal during the first wave of COVID-19 in Regina, Saskatchewan, Canada. **Journal Of Environmental Management**, v. 290, p. 112663, jul. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112663>.

RODIĆ, Ljiljana; WILSON, David. Resolving Governance Issues to Achieve Priority Sustainable Development Goals Related to Solid Waste Management in Developing Countries. **Sustainability**, v. 9, n. 3, p. 404, 9 mar. 2017. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/su9030404>.

SAMPIERI, Roberto Hernández; COLADO, Carlos Fernández; LUCIO, Maria del Pilar Baptista. **Metodologia de Pesquisa**. 3. ed. São Paulo: Mc-Graw-Hill, 2006. 583 p.

SHARMA, Hari Bhakta *et al.* Challenges, opportunities, and innovations for effective solid waste management during and post COVID-19 pandemic. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 162, p. 105052, nov. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105052>.

SILVA, Ana L. Patrício *et al.* An urgent call to think globally and act locally on landfill disposable plastics under and after covid-19 pandemic: pollution prevention and technological (bio) remediation solutions. **Chemical Engineering Journal**, v. 426, p. 131201, dez. 2021a. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cej.2021.131201>.

SILVA, Ana L. Patrício *et al.* Increased plastic pollution due to COVID-19 pandemic: challenges and recommendations. **Chemical Engineering Journal**, v. 405, p. 126683, fev. 2021b. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cej.2020.126683>.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS). **Manejo dos Resíduos Sólidos Urbanos - 2020**. 2021. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/painel-informacoes-saneamento-brasil/web/painel-residuos-solidos>. Acesso em: 20 fev. 2022.

TCHOBANOGLIOUS, George; KREITH, Frank. **Handbook of Solid Waste Management**. 2. ed. Califórnia: McGraw-Hill, 2002. 950 p.

TERRACYCLE. **Recycling of Personal Protective Equipment**. Disponível em: <https://www.terracycle.com/en-CA/pages/ppe-recycling>. Acesso em: 10 fev. 2022.

TESFALDET, Yacob T.; NDEH, Nji T.. Assessing face masks in the environment by means of the DPSIR framework. **Science of the Total Environment**, v. 814, p. 152859, mar. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152859>.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). **Solid Waste Management**. v. 1. 2005. Disponível em: <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/30733?show=full>. Acesso em: 10 dez. 2021.

UNITED NATIONS HUMAN SETTLEMENTS PROGRAMME (UN-HABITAT). **Solid Waste Management in the World's Cities: Water and Sanitation in the World's Cities 2010**. Londres, 2010. 257 p. Disponível em: <https://unhabitat.org/solid-waste-management-in-the-worlds-cities-water-and-sanitation-in-the-worlds-cities-2010-2>. Acesso em: 20 jan. 2022.

VANAPALLI, Kumar Raja *et al.* Challenges and strategies for effective plastic waste management during and post COVID-19 pandemic. **Science Of The Total Environment**, v. 750, p. 141514, jan. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141514>.

VAVERKOVÁ, Magdalena Daria *et al.* Municipal solid waste management under Covid-19: challenges and recommendations. **Environmental Geotechnics**, v. 8, n. 3, p. 217-232, 1 maio 2021. Thomas Telford Ltd.. <http://dx.doi.org/10.1680/jenge.20.00082>.

VERGARA, Sintana E.; TCHOBANOGLIOUS, George. Municipal Solid Waste and the Environment: a global perspective. **Annual Review Of Environment And Resources**, Califórnia, v. 37, n. 1, p. 277-309, 21 nov. 2012. Annual Reviews. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev-environ-050511-122532>.

WILSON, David C. Development drivers for waste management. *Waste Management & Research: The Journal for a Sustainable Circular Economy*, v. 25, n. 3, p. 198-207, jun. 2007. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.1177/0734242x07079149>.

WILSON, David *et al.* **Global Waste Management Outlook**. United Nations Environment Programme - UNEP. London. 2015. Disponível em: <https://www.unep.org/resources/report/global-waste-management-outlook>. Acesso em: 20 dez. 2021.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Shortage of personal protective equipment endangering health workers worldwide**. 2020. Disponível em: <https://www.who.int/news/item/03-03-2020-shortage-of-personal-protective-equipment-endangering-health-workers-worldwide>. Acesso em: 17 jun. 2021.

WORLDOMETER. **População Mundial**. 2021. Disponível em: <https://www.worldometers.info/>. Acesso em: 17 jun. 2021.

WORRELL, William; VESILIND, Aarne. **Solid Waste Engineering**. 2. ed. [S.I]: Cengage Learning, 2012. 427 p.