

**INSTITUTO POLITÉCNICO DE LISBOA**  
**ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA DA SAÚDE DE LISBOA**

**AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO A BISFENOL A  
EM TRABALHADORES DA INDÚSTRIA DE GESTÃO  
DE RESÍDUOS DE PLÁSTICO:  
REVISÃO SISTEMÁTICA**

Dora Isabel Costa Cabrita

Orientadora:

Professora Doutora Susana Patrícia Costa Viegas – Escola Nacional de Saúde Pública; Universidade NOVA de Lisboa

Coorientadora:

Professora Doutora Carla Sofia Costa Viegas – Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa; Instituto Politécnico de Lisboa

**Mestrado em Segurança e Higiene do Trabalho**

Lisboa, 2021

**INSTITUTO POLITÉCNICO DE LISBOA**  
**ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA DA SAÚDE DE LISBOA**

**AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO A BISFENOL A  
EM TRABALHADORES DA INDÚSTRIA DE GESTÃO  
DE RESÍDUOS DE PLÁSTICO:  
REVISÃO SISTEMÁTICA**

Dora Isabel Costa Cabrita

Orientadora:

Professora Doutora Susana Patrícia Costa Viegas – Escola Nacional de Saúde Pública; Universidade NOVA de Lisboa

Coorientadora:

Professora Doutora Carla Sofia Costa Viegas – Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa; Instituto Politécnico de Lisboa

**Mestrado em Segurança e Higiene do Trabalho**

(esta versão incluiu as críticas e sugestões feitas pelo júri)

Lisboa, 2021

**AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO A BISFENOL A  
EM TRABALHADORES DA INDÚSTRIA DE GESTÃO  
DE RESÍDUOS DE PLÁSTICO:  
REVISÃO SISTEMÁTICA**

Mestrado em Segurança e Higiene no Trabalho – 10ª Edição

Declaro ser o autor deste trabalho, sendo este original e inédito. Os autores e trabalhos consultados estão devidamente citados no texto e constam da lista de referências incluída. Declaro, igualmente, que nenhum tipo de financiamento foi utilizado durante a realização desta dissertação.

O Instituto Politécnico de Lisboa e a Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa têm o direito de arquivar e publicar a presente dissertação em cópias reproduzidas em papel ou digitalmente, ou por qualquer outro meio conhecido ou que considerem necessário, em perpetuidade e sem limitações geográficas e divulgar material em repositórios científicos, bem como disponibilizar cópias para fins exclusivamente educacionais ou de pesquisa, desde que haja crédito do autor.

**Dedicado aos meus pais**

## **Agradecimentos**

É com enorme satisfação, realização e gratidão que termino esta grande etapa da minha formação académica, uma experiência marcante e enriquecedora.

Por isso, nestas palavras não pretendo apenas agradecer às pessoas que direta ou indiretamente contribuíram de forma positiva na concretização deste meu trabalho, mas também homenagear todos aqueles que marcaram presença nesta grande aventura que termina com sucesso.

À minha orientadora, Professora Doutora Susana Patrícia Costa Viegas por ter aceitado o convite endereçado para me orientar neste grande desafio, pelo apoio, partilha de conhecimentos, orientação, disponibilidade, paciência e, palavras de incentivo, que foi fundamental ao longo de todo este percurso.

À minha coorientadora, e também coordenadora de curso de Mestrado, a Professora Doutora Carla Sofia Costa Viegas, por estar sempre presente, pela ajuda, constante dedicação durante o decorrer de todo o presente trabalho e nos dois anos de curso.

À Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa por me ter acolhido e proporcionado a frequência do curso de Mestrado, assim como a todos os docentes e não docentes, pela partilha de conhecimentos e sempre pronta ajuda.

Aos meus colegas de curso, pela partilha de experiências e bons momentos de convívio tornaram ainda mais enriquecedor este mestrado.

Aos meus amigos e colegas de trabalho por me terem acompanhado ao longo de todo este percurso com alegria e motivação.

À minha família, por toda a paciência, força, incentivo e ainda por me terem transmitido os valores mais importantes da vida.

Por último, um agradecimento muito especial ao meu filho, pela energia, paciência e inspiração, para ele um grande beijo de carinho e amor eterno.

Muitíssimo obrigada a Todos!

## Resumo

Atualmente, um número significativo de trabalhadores da indústria de gestão de resíduos, encontram-se ocupacionalmente expostos, de forma lenta e silenciosa a diversos agentes químicos perigosos. Muitos desses produtos são encontrados em plásticos, que são onnipresentes e são usados para muitos fins. Bisfenol A (BPA) é considerado um disruptor endócrino amplamente encontrado em plásticos. Ele afeta as funções das glândulas e a produção de hormonas devido à semelhança das suas estruturas químicas com o estrogênio. A exposição humana despercebida, a este agente químico é generalizada na população em geral e tem sido associada a diversas alterações hormonais e ao aparecimento de efeitos adversos à saúde, como cancro, infertilidade, diabetes e obesidade, entre outros.

O objetivo desta revisão é a sistematização dos resultados de estudos de avaliação da exposição a bisfenol A em trabalhadores da indústria de gestão de resíduos de plástico e papel e perceber se nestes ambientes ocupacionais podem implicar exposição ocupacional a BPA. Foi realizada uma Revisão Sistemática da literatura utilizando a metodologia *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) em artigos científicos publicados entre 1 de janeiro de 2010 e 27 de agosto de 2021 em três motores de busca (*Web of Science, B-On e PubMed*).

O resultado do estudo permitiu identificar que existe carência de pesquisas que reportem dados de exposição a BPA na indústria de gestão de resíduos de plástico e papel. Contudo, 11 artigos disponibilizados na (*grey literature*), foram selecionados por reportarem dados de exposição a BPA na produção de plástico, resinas epóxi e manuseamento de papel térmico para suportar a resposta positiva à nossa questão de investigação.

Espera-se que este estudo possa reforçar a necessidade de avaliar a exposição ao BPA nestes ambientes ocupacionais específicos.

**Palavras-chave:** Bisfenol A; Exposição Ocupacional; Indústria de Resíduos; Avaliação da Exposição; Efeitos na Saúde

## Abstract

Currently, a significant number of workers in the waste management industry are occupationally exposed, in a slow and silent way, to various hazardous chemical agents. Many of these products are found in plastics, which are ubiquitous and are used for many purposes. Bisphenol A (BPA) is considered an endocrine disruptor widely found in plastics. It affects gland functions and hormone production due to the similarity of them with chemical estrogen structures. Unnoticed human exposure to this chemical agent is widespread in the general population and has been associated with several hormonal changes and the appearance of adverse health effects, such as cancer, infertility, diabetes, and obesity, among others.

The aim of this review is to systematize the results of studies evaluating exposure to bisphenol A in workers in the waste plastic and paper management industry and to understand whether these occupational environments may imply occupational exposure to BPA. A Systematic Literature Review was conducted using the *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) methodology in articles published between 1<sup>st</sup> January 2010 and 27<sup>th</sup> August 2021 across three search databases (*Web of Science, B-On and PubMed*).

The result of the study identified that there is a lack of research that report exposure to BPA in the plastic and paper waste management industry. However, 11 articles available in the (*grey literature*) were selected for reporting BPA exposure data in plastic production, epoxy resins and thermal paper handling to support the positive answer to our research question.

It is hoped that this study may reinforce the need to assess the exposure to BPA in these specific occupational environments.

**Keywords:** Bisphenol A; Occupational Exposure; Waste Industry; Exposure Assessment; Health Effects

# Índice

Agradecimentos.....	V
Resumo .....	VI
Abstract .....	VII
Índice de Tabelas .....	X
Índice de Figuras .....	XI
Lista de Abreviaturas e Símbolos .....	XII
Introdução.....	15
1. Capítulo I: Enquadramento Teórico .....	17
1.1. Bisfenol A .....	17
1.2. Presença no Ambiente.....	18
1.3. Produção e Utilização .....	18
1.3.1. Plástico Policarbonato.....	19
1.3.2. Resinas Epóxi.....	20
1.3.3. Papel Térmico.....	20
1.4. Cenários de Exposição .....	22
1.4.1. Consumo Alimentar.....	23
1.4.2. Exposição Ocupacional.....	24
1.5. Toxicocinética do BPA .....	25
1.6. Efeitos para a Saúde .....	26
1.7. Avaliação da Exposição Humana.....	27
1.7.1. Exposição Ocupacional.....	27
1.7.2. Monitorização Ambiental.....	29
1.7.3. Monitorização Biológica .....	30
1.8. Biomarcadores.....	31
1.8.1. Biomarcadores de Exposição.....	32
1.8.2. Biomarcadores de Efeito.....	32
1.8.3. Biomarcadores de Suscetibilidade .....	32
1.9. Biomonitorização do Bisfenol A.....	33

1.10. Avaliação de Riscos Químicos.....	33
1.10.1. Avaliação da Exposição Ocupacional.....	34
1.10.2. Avaliação da Exposição Biológica.....	35
1.11. Medidas Preventivas.....	36
1.12. Medidas de Controlo.....	37
1.13. Polímeros.....	38
1.13.1 Símbolos de Identificação.....	38
1.14. Polímeros Tóxicos para a Saúde.....	39
1.14.1. Policloreto de Vinilo.....	39
1.14.2. Poliestireno.....	40
1.14.3. Outros.....	40
1.15. Gestão de Resíduos.....	40
2. Capítulo II: Materiais e Métodos.....	46
2.1. Objetivos.....	46
2.1.1 Objetivos Gerais.....	46
2.1.2 Objetivos Específicos.....	46
2.2 Questão de Investigação.....	46
2.3 Metodologia.....	47
3. Capítulo III: Resultados.....	50
4. Capítulo IV: Discussão.....	61
5. Capítulo V: Considerações Finais.....	64
5.1 Conclusão.....	64
5.2 Limitações do Estudo.....	64
5.3 Sugestões para Estudos Futuros.....	64
5.4 Considerações Éticas e Legais.....	64
Referências.....	65

## Índice de Tabelas

Tabela 1.1 - Efeitos tóxicos relacionados com BPA.....	27
Tabela 1.2 - Valores limite de exposição para o Bisfenol A.....	29
Tabela 1.3 - Classes dos indicadores biológicos e principais objetivos.....	31
Tabela 1.4 - Sistema de identificação dos materiais plásticos.....	39
Tabela 2.1 - Conjugação das palavras-chave por base de dados.....	47
Tabela 2.2 - Resultados da primeira pesquisa.....	48
Tabela 2.3 - Critérios de inclusão e exclusão.....	48
Tabela 2.4 - Resultados da fase de triagem .....	49
Tabela 3.1 - Compilação de artigos incluídos na Revisão Sistemática.....	54
Tabela 3.2 - Artigos publicados por ano .....	57
Tabela 3.3 - Distribuição da população da amostra por género e tipo de indústria .....	59

## Índice de Figuras

Figura 1.1 - Estrutura química do Bisfenol A.....	17
Figura 1.2 - Pictogramas de classificação de rotulagem de perigo .....	17
Figura 1.3 - Síntese do Bisfenol A .....	18
Figura 1.4 - Consumo mundial de Bisfenol A em 2020 .....	19
Figura 1.5 - Estrutura do policarbonato.....	19
Figura 1.6 - Estrutura da resina epóxi.....	20
Figura 1.7 - Representação de impressão térmica.....	21
Figura 1.8 - Metabolismo de exposição humana ao Bisfenol A.....	26
Figura 1.9 - Fluxo do processo de reciclagem mecânica do plástico.....	43
Figura 2.1 - Processo de triagem da pesquisa – metodológica PRISMA .....	49
Figura 3.1 - Distribuição geográfica de origem dos artigos .....	58
Figura 3.2 - Métodos de estudo .....	58
Figura 3.3 - Instrumentos de recolha de dados.....	59

## Lista de Abreviaturas e Símbolos

<b>ACC</b>	<i>American Chemistry Council</i>
<b>ACGIH</b>	<i>American Conference of Governmental Industrial Hygienists</i>
<b>BPA</b>	Bisfenol A
<b>BPS</b>	Bisfenol S
<b>CAS</b>	<i>Chemical Abstracts Service</i>
<b>CIR</b>	Código Identificação da Resina
<b>CLP</b>	Classificação, Rotulagem e Embalagem
<b>CMR</b>	Cancerígenas, Mutagénicas ou Tóxicas para a Reprodução
<b>COSHH</b>	<i>Control of Substances Hazardous to Health</i>
<b>DGS</b>	Direção Geral de Saúde
<b>DL</b>	Decreto-Lei
<b>DNA</b>	Ácido Desoxirribonucleico
<b>E2</b>	Estradiol
<b>EC</b>	Economia Circular
<b>ECHA</b>	<i>European Chemicals Agency</i>
<b>EDC</b>	Disruptor Endócrino
<b>EFS</b>	Extração Fase sólida
<b>EFSA</b>	<i>European Food Safety Authority</i>
<b>ELISA</b>	Ensaio Imune enzimático
<b>ELL</b>	Extração Líquido-Líquido
<b>ESTeSL</b>	Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa
<b>ETAR´s</b>	Estação de Tratamento de Águas Residuais
<b>EU</b>	União Europeia
<b>EUA</b>	Estados Unidos da América
<b>EU-OSHA</b>	Agência Europeia para a Segurança e a Saúde no Trabalho
<b>EPA</b>	<i>United States Environmental Protection Agency</i>

<b>ESE</b>	<i>The European Society of Endocrinology</i>
<b>FAO</b>	<i>Food and Agriculture Organization</i>
<b>FDA</b>	<i>Food and Drug Administration</i>
<b>GC</b>	Cromatografia gasosa
<b>GESTIS</b>	<i>Databases On Hazardous Substances</i>
<b>HPLC</b>	Cromatografia Líquida de Alta Performance
<b>IBE</b>	Índice Biológico de Exposição
<b>ID</b>	Diluição Isotópica
<b>IPQ</b>	Instituto Português da Qualidade
<b>IUPAC</b>	União Internacional de Química Pura Aplicada
<b>LC</b>	Cromatografia Líquida
<b>MS/MS</b>	Espectrofotometria de Massa Tandem
<b>NP</b>	Norma Portuguesa
<b>NIOSH</b>	<i>National Institute for Occupational Safety and Health</i>
<b>ONG</b>	Organização Não Governamental
<b>OSHA</b>	<i>Occupational Safety and Health Administration</i>
<b>PC</b>	Policarbonato
<b>PICO</b>	<i>Population, Intervention, Comparison, Outcome</i>
<b>PPRC</b>	<i>Pollution Prevention Resource Center</i>
<b>PRISMA</b>	<i>Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis</i>
<b>PSS</b>	Plano de Segurança e Saúde
<b>PVC</b>	Policloreto de Vinil
<b>REACH</b>	Registo, Avaliação, Autorização e Restrição de Produtos Químicos
<b>RS</b>	Revisão Sistemática
<b>RSU</b>	Resíduo Sólido Urbano
<b>SPI</b>	Associação Comercial da Indústria de Plásticos
<b>SST</b>	Segurança e Saúde no Trabalho
<b>TLV</b>	Valor Limite de Exposição

<b>UE</b>	União Europeia
<b>UV</b>	Ultra Violeta
<b>UGR</b>	Universidade de Granada
<b>VLE</b>	Valor Limite de Exposição
<b>VLE-CD</b>	Valor Limite de Exposição – Curta Duração
<b>VLE-MP</b>	Valor Limite de Exposição – Média Ponderada
<b>VMA</b>	Valor Máximo Admissível
<b>WHO</b>	Organização Mundial de Saúde
<b>°C</b>	Grau Celsius
<b>&lt;</b>	Menor que
<b>ng/m<sup>3</sup></b>	Nanograma por metro cúbico
<b>ng/ml</b>	Nanograma por mililitro
<b>ppm</b>	Partes por milhão
<b>µg/d</b>	Micrograma por dia

## Introdução

O presente projeto insere-se no trabalho final do Mestrado em Segurança e Higiene do Trabalho, da Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa (ESTeSL), do Instituto Politécnico de Lisboa, e tem como tema: Avaliação da exposição a Bisfenol A em trabalhadores da indústria de gestão de resíduos de plástico: revisão sistemática.

De acordo com o Regulamento CLP (Regulamento 2016/1179) o Bisfenol A (BPA) é classificado como substância que pode prejudicar a fertilidade, causar lesões oculares graves, causar alergias cutâneas e ainda, irritação respiratória. Esta substância química foi também identificada como disruptor endócrino com impacto para a saúde humana e para o meio ambiente e ainda classificada como uma substância que tem efeitos tóxicos na capacidade de reprodução dos seres humanos (ECHA, s.d).

O BPA encontra-se presente em vários contextos e a população está exposta ao BPA principalmente através do consumo alimentar (Hines, 2017). O BPA é utilizado na produção de plástico e de resinas epóxi e papel térmico (Bousoumah et al., 2021), encontrando-se ainda numa grande variedade de produtos para consumo humano (Varandas et al., 2014). Em alguns locais de trabalho a exposição também pode ocorrer, podendo neste caso, ocorrer por via inalatória e/ou por via dérmica (Ribeiro et al., 2017).

Na atividade de gestão de resíduos de plástico a exposição a substâncias perigosas foi identificada como risco químico emergente e representa uma das ocupações mais perigosas com uma taxa de doença 50% superior aos outros sectores (OSHA, 2009).

Considerando o exposto, considerou-se relevante realizar uma revisão bibliográfica para investigar se a exposição a BPA ocorre na indústria de gestão de resíduos de plástico ou papel.

O presente estudo tem como objetivos gerais: a sistematização dos resultados de estudos publicados em artigos científicos sobre a problemática da exposição ocupacional ao Bisfenol A (BPA) na indústria de resíduos de plástico e papel e a síntese desses resultados, assim como, perceber se a indústria da gestão de resíduos (plástico e papel) pode implicar exposição ocupacional a BPA.

Para responder aos objetivos gerais foram delineados os seguintes objetivos específicos: identificar os estudos já realizados na indústria de gestão de resíduos (plástico e papel) que avaliam a exposição ocupacional a BPA, identificar quais os métodos de avaliação da exposição ocupacional a BPA, caracterizar as etapas envolvidas na triagem dos resíduos de plástico e papel que podem implicar exposição, identificar a via de exposição mais

relevante nos contextos ocupacionais em causa e identificar as medidas de controlo da exposição mais adequadas.

Parte-se da hipótese de que os trabalhadores da indústria de gestão de resíduos de plástico estão expostos ocupacionalmente a BPA, pois existem evidências de que a exposição humana ao BPA é considerada generalizada e contínua (Varandas et al., 2014).

Assim, para viabilizar o teste da hipótese, foi utilizada como metodologia a realização de uma revisão sistemática de literatura segundo as recomendações *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis* (PRISMA) através da consulta de artigos científicos, em três plataformas científicas designadamente, *Web of Science*, *B-On* e *PubMed*. Foi desenvolvida e adaptada uma estratégia de busca para cada plataforma. As pesquisas foram realizadas em inglês e incluíram o período de 1 de janeiro de 2010 a 27 de agosto de 2021. Os termos de pesquisa usados em inglês foram (bisphenol A, occupational exposure, waste industry, exposure assessment e health effects). Considerando os critérios de inclusão, dos 258 artigos extraídos num primeiro momento, 11 foram incluídos nesta revisão.

É nossa expectativa que os resultados deste estudo possam contribuir para identificar a pertinência da realização de estudos de exposição ocupacional ao BPA, de forma que os mesmos possam dar origem a possíveis ações de melhoria nas condições de trabalho no contexto da indústria de reciclagem de plástico.

Para contextualizar o presente trabalho, foi realizada uma breve introdução, abordando a relevância do tema e o impacto na saúde e a razão da escolha da indústria de resíduos, no Capítulo 1 faz-se o enquadramento teórico ao tema, no Capítulo 2 encontram-se definidos os objetivos do projeto e a respetiva questão de investigação. O Capítulo 3 do presente trabalho aborda a metodologia utilizada para análise, sendo apresentado no Capítulo 4 os resultados obtidos, e os mesmos sintetizados e discutidos na Capítulo 5, terminando no Capítulo 6 com as considerações finais, limitações encontradas e sugestões para estudos futuros.

# 1. Capítulo I: Enquadramento Teórico

## 1.1. Bisfenol A

Bisfenol A (BPA) é um composto orgânico sintético, pertence à classe dos bisfenóis (compostos que apresentam dois núcleos fenólicos ligados por uma ponte de hidrocarboneto), a sua nomenclatura segundo a União Internacional de Química Pura Aplicada (IUPAC) é 4,4-dihidroxi-2,2-difenilpropano, a sua fórmula molecular é  $C_{15}H_{16}O_2$ , é identificado internacionalmente pelo N° CAS 80-05-7. A sua fórmula estrutural pode ser observada na (Figura 1.1).

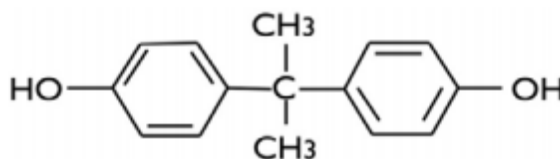


Figura 1.1 - Estrutura química do Bisfenol A

Fonte: Adaptado (García et al., 2015)

O BPA é um produto químico amplamente usado como monômero ou aditivo na fabricação de plástico policarbonato (PC), resinas epóxi e outros materiais poliméricos, tais como, retardadores de chama e borrachas (Almeida et al., 2018). À temperatura ambiente é uma substância sólida, branca, cristalina, apresenta odor fenólico, peso molecular de 228,2 g/mol, ponto de fusão de 156 °C e ponto de ebulição de 220 °C a 5hPa, solúvel em solventes orgânicos, mas pouco solúvel em água (Ohore et al., 2019).

Segundo a European Chemicals Agency (ECHA) e de acordo com o Regulamento da EU de Classificação, Rotulagem e Embalagem (CLP) (Regulamento 2016/1179) o BPA é atualmente classificado como tóxico reprodutivo da categoria 1B e é restrito a vários consumidores, produtos para bebês e crianças. O BPA pode prejudicar a fertilidade, causar lesões oculares graves, reações alérgicas na pele, irritação respiratória e é considerado, um disruptor endócrino. Segundo o site <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/> (2021) os perigos da exposição ao BPA encontram-se representados nos pictogramas da (Figura 1.2).



Figura 1.2 - Pictogramas de classificação de rotulagem de perigo

Fonte: Adaptado PubChem (2021)

## 1.2. Presença no Ambiente

O BPA encontra-se presente em artigos de consumo diário, incluindo, cosméticos, detergentes, vestuário, materiais odontológicos, revestimento de latas de metal para alimentos, recipientes de plástico, brinquedos, protetores solares, retardadores de chama, aditivos alimentares, garrafas de plástico, pesticidas (ESE, 2021). Apesar de não ser formado naturalmente no meio ambiente, encontra-se amplamente presente nos dias de hoje devido a sua alta produção, consumo e subsequente introdução ambiental (Silva, 2016).

## 1.3. Produção e Utilização

Bisfenol A foi primeiramente descrito em 1891 pelo químico russo, Alexander P Dianin (Ohore et al., 2019). Este composto foi sintetizado pela primeira vez por Thomas Zincke em 1905, a partir de condensação do fenol com a acetona (por isso o sufixo A no final) na Universidade de Marburg na Alemanha. Em 1953, o Dr. Daniel Fox da General Electric e o Dr. Hermann Schnell da Bayer AG, descobriram a capacidade do bisfenol A formar ligações cruzadas na polimerização do plástico policarbonato, e assim em 1957, nos EUA e em 1958, na Europa, deu-se início à produção industrial de BPA para ser utilizado no fabrico de plástico policarbonato (Bernardo et al., 2015). A reação é catalisada por um ácido, geralmente o ácido clorídrico (HCl) ou uma resina poliestireno sulfonada (EURAR, 2008), como observado na (Figura 1.3).

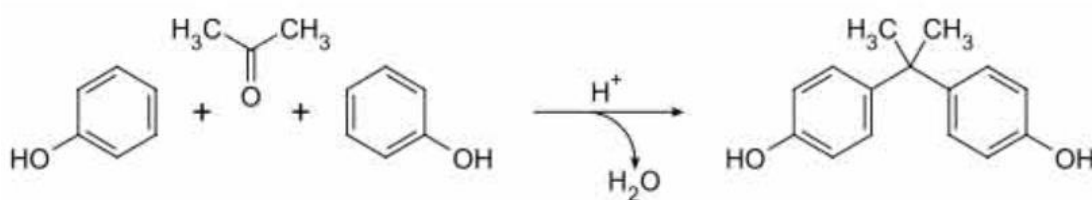
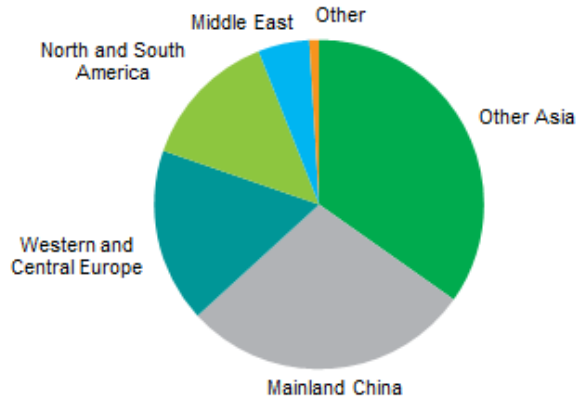


Figura 1.3 - Síntese do Bisfenol A

Fonte: Adaptado (Bernardo et al., 2015)

Em 2020 a Ásia destacou-se no consumo mundial de BPA, conforme mostra a (Figura 1.4) (Markit, 2020).



Nota: Other Asia, inclui: Índia, Japão, Taiwan e Coreia do Sul.

Figura 1.4 - Consumo mundial de Bisfenol A em 2020

Fonte: Adaptado IHS Markit., 2020

A produção de plásticos aumentou vinte vezes desde 1964. Globalmente, aproximadamente 311 milhões de toneladas de plásticos foram produzidos em 2014, com previsão de dobrar em cerca de 20 anos e possivelmente quadruplicar até 2050 (Foundation, 2016).

Bisfenol A é um monômero usado para agregar dureza e transparência aos plásticos de policarbonatos, resinas epóxi e em papel térmico e em muitos outros produtos de consumo (European, 2011).

### 1.3.1. Plástico Policarbonato

O policarbonato (PC) é um poliéster linear do ácido carbônico, conforme se pode observar pela estrutura química na (Figura 1.5), sendo o mais simples dos poliésteres (Perez, 2012). Obtido através de uma reação de transesterificação entre um composto aromático hidroxilado o bisfenol A e carbonato de difenila ou cloreto de carbonila (Perez, 2012). O policarbonato apresenta características semelhantes ao vidro, leve, alta transparência, resistência ao impacto e a variações de temperatura (Perez, 2012).

A função do BPA no plástico de policarbonato é agregar dureza e transparência aos produtos assim como resistência ao calor (Harmanci & Yemis, 2020).

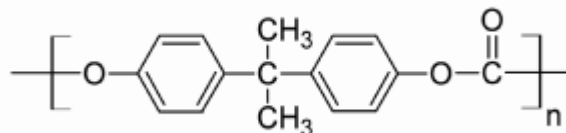


Figura 1.5 - Estrutura do policarbonato

Fonte: Adaptado (Bernardo et al., 2015)

As aplicações dos policarbonatos são bastante numerosas, tais como componentes eletrônicos, materiais de construção, CDs e DVDs, componentes de automóveis, embalagens de alimentos, entre muitas outras (Markit, 2016).

### 1.3.2. Resinas Epóxi

As resinas tipo epóxi mais conhecidas, são obtidas comercialmente a partir da reação dos compostos químicos Bisfenol A e epicloridrina (1-cloro-2,3-éoxi-propno), resultando num monômero denominado diglicídil éter de bisfenol A, mais conhecido pela sigla BADGE (Cao et al., 2009). A (Figura 1.6) representa a forma estrutural da resina epóxi (Bernardo et al., 2015).

As principais resinas epóxi-fenólicas são utilizadas de forma universal no envernizamento do interior de latas para acondicionamento de carnes, pescados, vegetais, produtos de laticínios e bebidas (Bernardo et al., 2015).

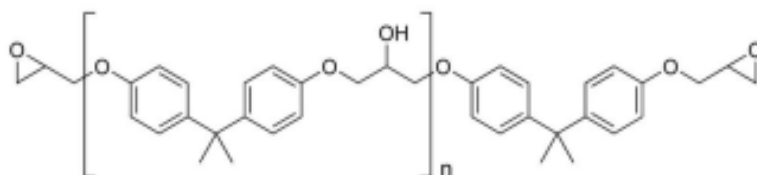


Figura 1.6 - Estrutura da resina epóxi

Fonte: Adaptado (Bernardo et al., 2015)

### 1.3.3. Papel Térmico

Desenvolvido há mais de 40 anos em países como Japão e Estados Unidos, o papel térmico significou menor custo e mais detalhes nas compras (como data e hora) (Costa & Assis, 2018). A diferença entre o papel térmico e os restantes papéis consiste na sua composição, ele contém pigmentos e compostos termo sensíveis (Costa & Assis, 2018).

O papel térmico está presente em muitas áreas da vida quotidiana, no recibo do supermercado, no talão do cartão de crédito, no rótulo da embalagem, no bilhete do cinema e em muitas outras aplicações onde seja necessária uma informação impressa de forma rápida e económica (Koehler, s.d.). Segundo um estudo realizado por Molina e colegas (2019) na Universidade de Granada (UGR) o papel térmico é um papel que contém na sua composição, pigmentos e compostos termo sensíveis, impregnados com uma substância química, reveladora de cor, o BPA que muda de cor quando exposta ao calor. O revelador de cor mais barato é o BPA pelo alto volume de produção, razão pela qual ainda é a substância dominante usada no papel térmico (Costa & Assis, 2018). O BPA é amplamente utilizado como revelador em papel térmico porque é eficaz, encontra-se

disponível e acessível (Mendum et al., 2011). É utilizado em impressoras térmicas e em vários dispositivos, tais como máquinas de calcular e caixas registradoras. Segundo o site (<https://www.koehlerpaper.com/en/>), líder mundial alemã de produção de papel térmico, o revestimento térmico contém os principais componentes funcionais, tais como corante e revelador. A transferência isolada de calor da impressora térmica para o revestimento térmico cria uma reação química que permite o aparecimento dos textos ou imagem (Koehler, s.d.). Os papéis térmicos podem dispor também de uma camada protetora na frente ou no verso. Esse filme protetor na frente (topcoat) é indicado caso o papel seja submetido a tensões mecânicas ou exposto a substâncias químicas ou influências ambientais (Koehler, s.d.). A camada aplicada no verso (backcoat) oferece proteção adicional durante a impressão, conforme se ilustra na (Figura 1.7) (Koehler, s.d.).

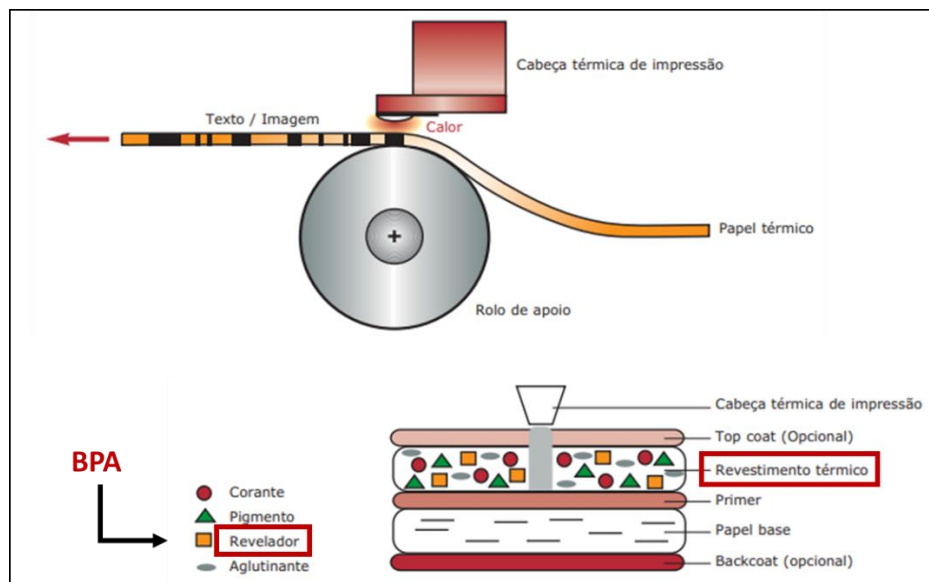


Figura 1.7 - Representação de impressão térmica

Fonte: Adaptado (Koehler, s.d.)

Foi criado nos anos 60, e otimizado ao longo dos anos, sendo hoje em dia utilizado abundantemente nas máquinas registradoras de quase todos os supermercados, a nível mundial (Koehler, s.d.).

Segundo a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA), o BPA funciona quimicamente como um revelador, que reage com os corantes brancos ou incolores (formadores de cor) na presença de calor, convertendo-os em uma cor escura e é usado principalmente como revelador em aplicações de papel térmico, como os recibos.

É revestido com uma mistura de um corante específico e uma matriz, quando esta é exposta a uma temperatura acima do seu ponto de fusão o corante reage com o BPA ficando na sua forma colorida (EPA, 2014). Podemos identificar esse tipo de papel porque ele fica preto instantaneamente se o colocarmos perto de uma fonte de calor como, por

exemplo, um fósforo (Molina et al., 2019). Segundo o Centro de Recursos da Prevenção da Poluição do Noroeste do Pacífico (PPRC) no seu site (<https://pprc.org/2015/pprc/should-we-recycle-thermal-receipts-that-contain-bpa/>), as exposições mais comuns ao BPA do papel térmico vêm do contacto dérmico visto que, os revestimentos de papel térmico podem facilmente se desintegrar e depositar na pele com o manuseamento casual. O BPA desses materiais de revestimento pode então ser ingerido após transferência inadvertida de comida para as mãos ou através da absorção direta pela pele. Ainda segundo a organização PPRC, 2021, o BPA presente em papel térmico encontra-se numa forma química livre e tem o potencial de ser libertado e absorvido mais rapidamente. Em contraste, PPRC, 2021, afirmam que é improvável que o contato casual da mão com uma garrafa de plástico de policarbonato (PC) ou qualquer outro artigo feito de PC possa levar a qualquer exposição significativa ao BPA. A exposição a bisfenóis a partir do papel térmico é feita quase exclusivamente pelo contacto dérmico, sendo absorvido em pequenas quantidades para a corrente sanguínea PPRC, 2021. No entanto, também pode entrar no corpo por via oral. Sendo absorvido pelos vasos sanguíneos, transportado para o fígado e rapidamente metabolizado, num processo denominado de metabolismo de primeira passagem (Mendum et al., 2011). No estudo realizado por Molina e colegas (2019), devemos lidar com este papel recibo o menos possível e evitar amassá-lo, escrever notas, guardar no carro ou em carteiras e de entrar em contacto com alimentos. Para o Centro de Recursos da Prevenção da Poluição do Noroeste do Pacífico (PPRC) no seu site (<https://pprc.org/>), os papéis de recibo representam um risco potencial de alta exposição ao BPA por ingestão direta. Desde 2016, o BPA foi adicionado ao REACH Anexo XVII, lista de substâncias restritas (Regulamento 2016/2235). Esta entrada restringiu o uso do BPA em papel térmico e estabeleceu que a concentração de BPA não deve ser superior a 0,02% em peso após 2 de janeiro de 2020 (ECHA, 2020). Desde 2018, os diversos estados-membros têm vindo a substituir o uso de BPA pelo bisfenol S (BPS) em papel térmico (ECHA, 2020); (Bousoumah et al., 2021).

#### **1.4. Cenários de Exposição**

A exposição humana ao BPA pode ocorrer durante cenários ocupacionais e pelo consumo alimentar, isto é, quando ocorre a migração do BPA do material da embalagem para os alimentos, (EURAR, 2008). O BPA, dada a sua ampla utilização, é agora considerado um contaminante ambiental amplamente omnipresente (Flint et al., 2012), uma vez que está presente no ar, solo e água, todas são possíveis fontes de exposição humana. Resulta da contaminação atmosférica, aquática e dos solos com o BPA proveniente de plásticos eliminados indevidamente pela população (Flint et al., 2012). Isso ocorre principalmente

devido ao tratamento ineficiente de esgotos e/ou eliminação indevida de efluentes industriais (Cerqueira, 2018).

As principais vias de exposição ao BPA são ocupacionais e consumo alimentar, quer por inalação, contacto dérmico ou por ingestão (EURAR, 2008). A exposição ocupacional ocorre, sobretudo em trabalhadores de indústrias de síntese de BPA, e de PC, produção de artigos de PC, resinas epóxi, PVC, papel térmico e tetrabromobisfenol A (Bernardo et al., 2015; Faria, 2007). Dessa maneira, há preocupações de que a quantidade de BPA para o qual os seres humanos estão expostos podem causar efeitos adversos à saúde, mesmo estando em concentrações muito baixas (Vandenberg et al., 2010).

#### **1.4.1. Consumo Alimentar**

Segundo a EFSA, a dieta é a principal fonte de exposição ao bisfenol A (BPA) em todos os grupos populacionais. Entre as várias vias de exposição humana ao BPA a exposição alimentar é a mais preocupante por atingir potencialmente um maior número de pessoas e porque, neste caso a exposição pode ocorrer durante longos períodos (possivelmente toda a vida) em doses vestigiais e sem ser detetada (EURAR, 2008). Uma das principais fontes alimentares de exposição ao BPA são os alimentos enlatados. Os grupos populacionais que apresentam maior vulnerabilidade são os bebés e crianças, devido à pequena variedade alimentar e à ingestão de um volume de alimentos superior em proporção ao seu peso corporal, assim como, grávidas, lactantes e idosos (Rocha & Mendes, 2019). A exposição por via alimentar resulta da utilização de recipientes de plásticos policarbonato e PVC para contacto com os alimentos ou ainda devido à utilização de resinas epóxi no revestimento interior de conservas alimentares (EURAR, 2008). Um estudo realizado por Lorber et al (2015) com 204 alimentos frescos, enlatados e congelados determinou que 73% das amostras de alimentos enlatados continham o BPA. A exposição ao BPA também pode ocorrer após utilização industrial do BPA, ou no processo de reciclagem de papel térmico pela lixiviação dos produtos finais (EURAR, 2008), resultando contaminação atmosférica, aquática e dos solos pela libertação de BPA para o meio ambiente (Bernardo et al., 2015). O processo de lixiviação pode ocorrer, ou por difusão do BPA residual presente nos plásticos de policarbonato após o processo de fabricação ou pela hidrólise do mesmo que pode se favorecer pelo aumento de temperatura, pH ou ainda por alguns compostos químicos presentes em alguns alimentos (Silva, 2016).

### 1.4.2. Exposição Ocupacional

A ampla utilização do BPA em diversas indústrias conduz à exposição ocupacional dos trabalhadores através de inalação e contacto dérmico deste composto ou dos seus derivados (Tsai, 2006). A exposição ao BPA ocorre sobretudo em trabalhadores de indústrias de síntese de bisfenol A, de policarbonato e seus derivados, de resinas epóxi, PVC e papel (Cao et al., 2009). O estudo realizado por Li e colegas (2009) a 230 trabalhadores de empresas chinesas de produção de BPA e resinas epóxi forneceu evidências importantes de que a exposição ao BPA no local de trabalho aumenta significativamente o risco de disfunção sexual masculina. A descoberta foi consistente para todos os quatro domínios que medem a disfunção sexual masculina, todos mostraram riscos associados à exposição ao BPA. Por sua vez, o estudo realizado por He e colegas (2009), na China, para avaliar os níveis de BPA no ambiente de trabalho e na urina, concluiu que os trabalhadores de produção de resinas epóxi e de BPA encontram-se ocupacionalmente expostos a altos níveis de BPA. Dematteo e colegas (2012), no seu estudo realizado no Canadá, concluiu que as mulheres que trabalham na indústria de plásticos neste país estão expostas a uma infinidade de produtos químicos, incluem estireno, acrilonitrila, cloreto de vinil, ftalatos, bisfenol A (BPA), retardadores de chama entre outros, identificados como cancerígenos e desreguladores endócrinos, que o ambiente de trabalho encontra-se contaminado com poeiras e vapores e ainda que, a exposição destas mulheres excede em muito a encontrada no público em geral. Na Malásia o estudo realizado por Koudhi e colegas (2016) forneceu evidências de que os trabalhadores de uma fábrica de moldagem de plástico tipo policarbonato encontram-se ocupacionalmente expostos ao BPA. Na Finlândia, o estudo realizado por Heinala e colegas (2017), demonstrou que a exposição ocupacional ao BPA pode ocorrer especialmente quando o BPA puro é utilizado na fabricação de tintas e papel térmico e que a exposição a BPA puro pode resultar em níveis de concentração de BPA na urina de até 1 a 2 vezes superior à concentração da população em geral. O estudo realizado por Hines e colegas (2017) nos EUA, revelou que os níveis de concentração de BPA total obtido em trabalhadores envolvidos na produção de BPA foi 70 vezes superior aos resultados obtidos no estudo anterior realizado nos EUA pela NIOSH em 2013-2014. Avaliações mais recentes revelaram também que a presença de BPA em papel térmico pode entrar no organismo pelo contato com a pele (Costa & Assis, 2018). Estudos de avaliação de concentrações urinárias de BPA sugerem exposições levemente elevadas em indivíduos que trabalham como operadores de caixas em supermercados (Costa & Assis, 2018). O estudo realizado por Rocha e colegas (2015) em 190 mostras de recibos de papel térmico recolhidas aleatoriamente em diferentes locais no Estado de São Paulo no Brasil, detetaram a presença de BPA e BPS em 98% das amostras, o valor de

concentração máximo detetado foi 4,3% (papel/mg/100mg). O estudo de Rocha e colegas (2015) concluiu ainda que os valores obtidos foram superiores aos valores anteriormente reportados em outros países. O estudo realizado em Itália por Russo e colegas (2017), relatou que de 50 amostras de recibos de papel térmico recolhidos em diferentes locais de Itália, o BPA foi encontrado em 44 amostras de recibos, apresentando uma concentração média de 107,47 $\mu$ g / 100mg de papel. O estudo de Russo e colegas (2017) estimou os valores de ingestão diária de BPA e de BPS por meio da adsorção dérmica para indivíduos ocupacionalmente expostos, obtiveram respetivamente 66,8 $\mu$ g / dia para BPA e 15,6 $\mu$ g / dia para BPS. O estudo realizado por Hormann e colegas (2014) concluiu que, segurar um papel de recibo após ter utilizado um desinfetante para mãos, aumenta a penetração do BPA até à camada dérmica. Também, o BPA livre é transferido para as mãos que irão contactar diretamente com alimentos, que serão posteriormente ingeridas em conjunto com o BPA (Hormann et al., 2014). O BPA representa um fator de risco para o desenvolvimento do cancro da próstata (Salamanca-Fernández et al., 2021).

Uma outra via de exposição resulta da utilização de um compósito à base de bisfenol A como selante nos tratamentos dentários (EURAR, 2008).

## **1.5. Toxicocinética do BPA**

Após ingestão o BPA vai ser rapidamente absorvido, sofrendo metabolização de primeira passagem no fígado, com o auxílio das enzimas UDP-glucuroniltransferases polimórficas (UGP) (Lee et al., 2016). A via principal de metabolização é a glucoronidação correspondendo o metabolito formado ao BPA-glucuronido, que corresponde a uma forma biologicamente inativa (sem atividade estrogénica) e que fica presente na circulação sistémica até ser excretado pela urina (Inácio, 2018). A glucoronidação é medida por uma das isoformas da UGT, a UGT2B15 conforme representado na (Figura 1.8), sendo responsável pela conversão de pequenos compostos lipofílicos, tal como o BPA, em glucuronidos solúveis em água, principalmente a nível hepático (Hanjoka et al., 2008). O BPA é absorvido pelo trato gastrointestinal e é metabolizado no fígado por glucuronidação ou sulfonação. A enzima hepática UDP-glucuronosiltransferases 2B15 (UGTs) é responsável pela glicuronidação do BPA, seguida por sua excreção do corpo através da bile ou urina na forma de glicuronídeo de BPA (Kurebayashi 2003; Genuis et al., 2012). As anomalias na enzima UGTs levam à elevação da concentração de BPA não conjugado no organismo. Muitos estudos relataram a presença de formas não conjugadas de BPA em fluidos corporais humanos, como leite, urina, fluidos amnióticos e placentários, e em recém-nascidos, o que corresponde à ocorrência de muitas anomalias hormonais (Vandenberg et al., 2010).

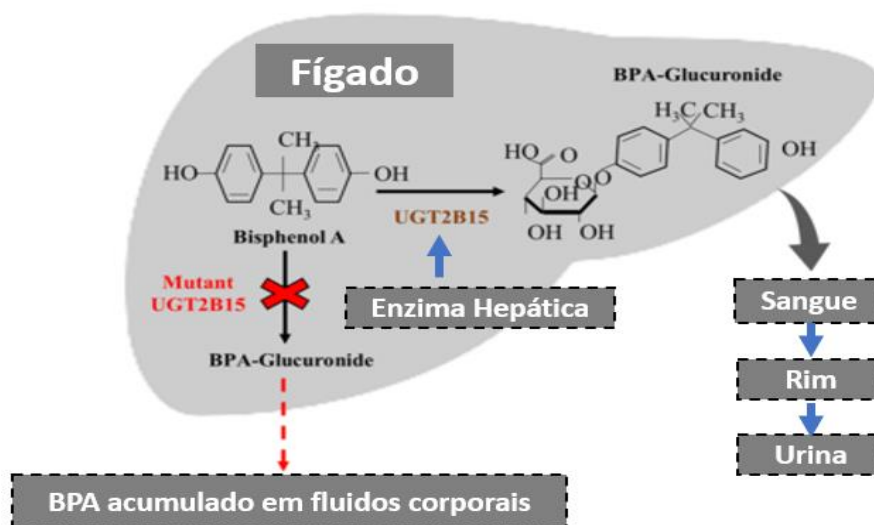


Figura 1.8 – Metabolismo de exposição humana ao Bisfenol A

Fonte: Adaptado (Khan et al., 2021)

A sulfatação do BPA é medida por sulfotransferases, também ao nível do sistema hepático, sendo que a principal sulfotranferase responsável pela metabolização do BPA é a SLULT1A1 (fenol sulfotransferase simples de fenol) (Yalcin et al., 2016; Inácio, 2018). Sabe-se que o BPA é uma molécula lipofílica, rapidamente absorvida pelo trato gastrointestinal e metabolizado no fígado e intestino, sendo excretada pela urina em sua grande maioria na forma de metabolitos inativos (Mikolajewska et al., 2015).

## 1.6. Efeitos para a Saúde

Sobre os efeitos que o BPA pode ter no corpo, há variabilidade de opiniões entre as diversas agências governamentais. Diversos estudos realizados em humanos relacionam a exposição ao BPA com o aparecimento de efeitos adversos para a saúde (Rochester, 2013). Na (Tabela 1.1) é possível observar um resumo dos efeitos tóxicos que o BPA pode ter sobre o organismo, retirado dos últimos estudos governamentais.

Tabela 1.1 - Efeitos tóxicos relacionados com BPA

Fonte: Adaptado FDA, ECHA

<b>Efeito</b>	<b>Consequência</b>
<b>Reprodução</b>	Redução fertilidade Alteração função sexual masculina Redução qualidade espermatozoides Concentração de hormonas sexuais Síndrome ovário poliquístico Alterações endométrico Aborto involuntário Cancro da mama Nascimento prematuro
<b>Crescimento</b>	Baixo peso no nascimento Anomalias nos genitais masculinos Anomalias no comportamento/ neuro desenvolvimento na infância Asma e problemas respiratórios na infância
<b>Metabolismo</b>	Diabetes Tipo 2 Alterações da função do fígado e da tiroide Alterações cardiovasculares Hipertensão e níveis de colesterol Obesidade
<b>Genotoxicidade</b>	Stress oxidativo e dano no material genético
<b>Outros</b>	Função imunológica; Albuminúria

## 1.7. Avaliação da Exposição Humana

A avaliação da exposição humana consiste na monitorização e interpretação de parâmetros ambientais e biológicos com a finalidade de detetar possíveis riscos para a saúde (Amorim, 2003). A exposição, em contexto ocupacionais ou ambientais, pode ser definido como o processo de contacto entre um individuo e uma substância, que pode ocorrer por uma ou várias vias, nomeadamente, inalatória, dérmica e oral (Meneses, 2018).

### 1.7.1. Exposição Ocupacional

A avaliação da exposição ocupacional tem como objetivo primordial a prevenção (Berglund et al., 2001). A exposição a agentes químicos é, geralmente, mais elevada em contextos ocupacionais do que não-ocupacionais (Meneses, 2018). A avaliação da exposição deve

ter em consideração os vários modos de contato possíveis, nomeadamente, salpicos, aerossóis, entre outros (NRC, 2003). Denomina-se via de exposição à forma como o agente químico entra no organismo. As principais vias de exposição em humanos são a inalatória, dérmica e oral (Berglund et al., 2001).

Em contextos ocupacionais, a exposição por inalação é mencionada frequentemente como a via mais importante em termos de toxicidade potencial, seguida da via dérmica e oral (Cherrie et al., 2006). Os trabalhadores podem ser expostos ao BPA por inalação ou contato com a pele durante a fabricação de BPA e de produtos contendo BPA (EPA, 2010). A exposição por via dérmica pode ser particularmente importante, quando ocorre exposição a compostos químicos lipofílicos, como é o caso do BPA, que é absorvido diretamente pela pele e chega facilmente a corrente sanguínea (Semple, 2005). Avaliações revelaram que a presença de BPA em papel térmico pode entrar no organismo pelo contacto com a pele (Costa et al., 2018). A exposição por via oral, a produtos químicos tende a ser pouco considerada, porque existe a crença de que a ingestão de substâncias perigosas só pode ocorrer intencionalmente ou por atos de negligência grave, pelo que pode ser evitada (Semple, 2005). Uma das principais ferramentas utilizadas para prevenir efeitos nefastos na saúde dos trabalhadores é a fixação de limites exposição (Swaminathan, 2011). De forma a proteger os trabalhadores expostos, encontram-se estabelecidos Limites de Exposição Profissionais (LEP). Os LEP são valores regulamentares que indicam níveis de exposição considerados seguros (baseados na saúde) a uma substância química presente no ar de um local de trabalho (OIT, 2013). Estes limites são definidos pelas autoridades reguladoras a nível da União Europeia e mundiais, tendo em conta as informações disponíveis e os dados mais recentes sobre os perigos de uma substância, em particular no que se refere a carcinogenicidade, mutagenicidade e toxicidade para a reprodução (CMR), bem como sobre os efeitos agudos da exposição (OIT, 2013).

Segundo a ECHA a definição de limites à exposição a uma substância específica ajuda os empregadores a proteger a saúde dos trabalhadores contra possíveis riscos, ao utilizarem produtos químicos no trabalho, e a limitar a exposição dos trabalhadores a produtos químicos perigosos.

Os países ou as organizações utilizam muitos termos diferentes para descrever os seus valores limites de exposição (VLE). Um dos mais utilizados é o Valor Limite de Exposição relativo ao valor limite do limiar de exposição (TLV, sigla em inglês) (OIT, 2013). O VLE é um limite numérico recomendado, ou requerido, para a exposição no local de trabalho, são estabelecidos para uso na prática da Higiene do Trabalho. Estes limites normalmente estabelecem um nível de exposição médio, ponderado ao longo do tempo, que se espera impedir a maioria dos efeitos adversos para a saúde dos trabalhadores expostos às

substâncias químicas durante um dia de trabalho completo (8h), diariamente. Existem igualmente valores limite para exposições de curta duração ou concentrações máximas que não devam ser ultrapassadas em nenhuma circunstância. Embora estes valores limite não sejam obrigatórios, alguns países adotaram-nos e estabeleceram-nos como valores limite nos seus sistemas legais. Deste modo, os VLE aplicam-se de forma abrangente no que se refere aos limites de exposição nos locais de trabalho, em todo o mundo. Os VLE assumem-se como um fator determinante na prevenção e proteção da saúde dos trabalhadores. Em Portugal, os VLE publicados têm duas origens, as diretivas comunitárias, cujos valores são transpostos para direito interno através da publicação de Decreto-Lei (DL) e da chamada Conferencia Governamental Americana de Higienistas Industriais (ACGIH) com valores publicados na Norma Portuguesa NP 1796 de 2014 (Segurança, 2017). Na (Tabela 1.2) encontram-se os valores limites de exposição preconizados para o Bisfenol A, nível nacional e da União Europeia (UE).

Tabela 1.2 - Valores limite de exposição para o Bisfenol A

Fonte VLE	Valor limite (8h)		Valor limite (curta duração)	
	mg/m <sup>3</sup>	ppm	mg/m <sup>3</sup>	ppm
<b>Decreto-Lei Nº 1/2021</b>	2 <sup>a</sup>	-	-	-
<b>Guia DGS Nº 2</b>	-	-	10 <sup>b</sup> 2 <sup>c</sup>	-
<b>GESTIS - UE</b>	2 <sup>a</sup>	-	-	-

Legenda: a) fração inalável 5<sup>a</sup> Lista; b) DL nº 2/2012; c) fração 4<sup>a</sup> Lista

A apreciação do risco da exposição a agentes químicos pode ser enriquecida com recurso à monitorização biológica usando biomarcadores específicos da exposição, característicos de cada agente químico. Os valores determinados de concentração dos biomarcadores podem ser comparados com valores de referência, designados por índices biológicos de exposição (IBE), definido como, a concentração de um marcador biológico resultante da exposição a um dado agente químico, em fluido biológico identificado e que corresponde ao resultado da monitorização de trabalhadores saudáveis expostos por inalação a concentrações ao nível do VLE-MP para aquele agente (NP 1796, 2014).

### 1.7.2. Monitorização Ambiental

A monitorização ambiental é uma ferramenta extremamente importante em contextos ocupacionais, na medida em que pode ser utilizada para identificação e quantificação de um ou mais agentes químicos no ambiente de trabalho (Prista & Uva, 2006). Esta baseia-

se, na determinação da concentração de um determinado agente químico num contexto de trabalho utilizando como critério de conformidade referências adequadas, isto é, os valores máximos admissíveis (VMA), nomeadamente, os valores limites de exposição (VLE) definidos por disposições legais nacionais e comunitárias (Prista & Uva, 2006).

A monitorização ambiental no local de trabalho visa calcular a concentração do agente no ar exalado pelo trabalhador, ou seja, a designada dose externa do agente químico (Rocha & Neves, 2019). A quantificação dos contaminantes presentes no local de trabalho é obtida através de métodos diretos e métodos que requerem análise laboratorial posterior. De acordo com Rocha & Neves (2019) os métodos diretos, utilizam equipamentos que monitorizam de imediato e dão resposta sobre o nível de contaminação do ar no local de trabalho de medição, por sua vez os métodos passivos e ativos requerem análise laboratorial posterior. Nos métodos passivos os contaminantes são retidos de forma passiva num suporte, e posteriormente o suporte é submetido a análise; nos métodos ativos, o ar é forçado a atravessar o coletor onde se encontra o meio para retenção da substância a estudar (Rocha & Neves, 2019). A monitorização ambiental pode e deve ser complementada com a monitorização biológica para alguns dos agentes químicos.

### **1.7.3. Monitorização Biológica**

A monitorização biológica, ou biomonitorização, consiste na avaliação da exposição humana a substâncias químicas através da medição de biomarcadores em matrizes biológicas (Manno et al., 2014). Exemplos de matrizes biológicas incluem o sangue, a urina, dentes, suor, unhas, fios de cabelo, leite materno, mecónio, placenta, condensado de ar exalado, saliva e sémen (Esteban & Castano, 2009). É um instrumento igualmente bastante útil na avaliação da exposição humana a substâncias químicas, especialmente, em contextos ocupacionais. Tem como objetivo determinar e quantificar até que ponto a exposição dos trabalhadores a substâncias químicas produz efeitos no organismo, quer pela presença das mesmas nos fluidos orgânicos quer pelos seus efeitos em diversos órgãos do corpo humano (Rocha & Neves, 2019). Envolve a medição da presença de certos contaminantes, substância em si inalterada, do seu metabolito ou de outros produtos de reação em matrizes biológicas, tais como, o sangue e a urina (Rocha & Neves, 2019). A exposição interna a uma determinada substância tendo em consideração a absorção, a distribuição, o metabolismo e a eliminação é refletida através da monitorização biológica (Bevan et al., 2017). A implementação da monitorização biológica pode permitir melhorar as práticas de trabalho nas atividades de maior risco (Pinhal, 2016).

## 1.8. Biomarcadores

A Organização Mundial da Saúde (OMS) define biomarcador, ou indicador biológico, como: toda a substância, estrutura ou processo que pode ser quantificado no organismo ou nos seus meios biológicos, que influencia ou prevê a incidência de um acontecimento ou de uma doença.

Os biomarcadores podem ser usados para vários objetivos, dependendo da finalidade do estudo e do tipo da exposição e possibilitam identificar a substância tóxica ou uma condição adversa antes que ocorram danos à saúde (Amorim, 2003). A avaliação da exposição aos agentes químicos constitui um aspeto importante para a saúde ocupacional, previne ou minimiza a incidência de mortes ou doenças decorrentes da interação das substâncias químicas com o organismo humano (Amorim, 2003).

A utilização de biomarcadores, também como método de monitorização biológica, é fundamental para a toxicologia e para a saúde humana. Neste sentido, verifica-se um interesse crescente no uso e aplicação de biomarcadores para identificar a exposição a químicos em contextos ocupacionais (Watson & Mutti, 2004). A deteção precoce de uma exposição perigosa pode diminuir significativamente a ocorrência de efeitos adversos na saúde (Amorim, 2003). Um aspeto fundamental e sobre o qual é importante realçar é que em condições semelhantes de exposição os efeitos demonstrados variam de indivíduo para indivíduo (Prista & Uva, 2006). A medição de biomarcadores pode ser realizada através de amostras de ar exalado, sangue, urina e em alguns tecidos (Silins & Hogberg, 2011).

Os biomarcadores são tradicionalmente divididos em três classes distintas, conforme indicado na (Tabela 1.3), biomarcadores de exposição, biomarcadores de efeito ou resposta e biomarcadores suscetibilidade (Silins & Hogberg, 2011).

*Tabela 1.3 - Classes dos indicadores biológicos e principais objetivos*  
Fonte: (DGS, 2018)

<b>Classe do biomarcador</b>	<b>Objetivo do biomarcador</b>
<b>Exposição/dose</b>	Determinar se um organismo foi exposto a um dado agente químico
<b>Efeito ou resposta</b>	Determinar o efeito ou resposta do organismo exposto ao agente químico
<b>Suscetibilidade</b>	Prever suscetibilidade ou resistência do organismo face aos efeitos nocivos de um agente químico em particular

### **1.8.1. Biomarcadores de Exposição**

Biomarcadores de exposição/dose servem para determinar se um organismo foi exposto a um dado xenobiótico (DGS, 2018). Identificam e medem resíduos químicos no tecido ou fluidos corporais, metabólitos de compostos xenobióticos ou resultados fisiológicos que ocorrem como resultado da exposição a um dado xenobiótico (WHO, 2015). Pode ser definido, de uma forma genérica, como sendo um composto exógeno ou um seu metabolito, ou ainda um produto da interação entre o xenobiótico ou metabolito e um componente endógeno (Mano e al., 2010). O indicador biológico de exposição estima a dose interna, através da determinação da substância química ou do seu produto de biotransformação em fluídos biológicos, como sangue, urina, ar exalado e outros, possibilitando quantificar a substância no organismo. Consequentemente, a dose externa refere-se à concentração do agente tóxico presente no ambiente em contacto com o organismo (Amorim, 2003).

### **1.8.2. Biomarcadores de Efeito**

Biomarcadores de efeito servem para determinar o efeito ou resposta do organismo exposto ao xenobiótico. Refletem mudanças bioquímicas quantificáveis, fisiológicas ou outros parâmetros no organismo que ocorrem como resultado da exposição. Idealmente, um biomarcador de efeito deve refletir mudanças reversíveis precoces no organismo (WHO, 2015). Um biomarcador de efeito pode corresponder a um componente endógeno, a uma medida da capacidade funcional, ou a qualquer outro indicador do balanço ou estado do organismo, ou de um órgão afetado pela exposição (Grandjean & Herz, 2011). Estes biomarcadores refletem diferentes tipos de alterações mensuráveis no organismo, que, de acordo com a sua magnitude, podem ser reconhecidas como associadas a uma disfunção ao nível do organismo ou a uma doença potencial ou estabelecida (Gil & Hernández, 2009).

### **1.8.3. Biomarcadores de Suscetibilidade**

Biomarcadores de suscetibilidade servem para prever a suscetibilidade ou resistência do organismo face aos efeitos nocivos de um xenobiótico particular. Refletem características intrínsecas de um organismo que o tornam mais suscetível aos efeitos adversos de uma exposição a uma substância química específica (WHO, 2015). Os biomarcadores de suscetibilidade podem refletir fatores genéticos ou adquiridos que influenciam a resposta

do organismo exposto a um determinado xenobiótico. Estes são fatores pré-existent e são independentes da exposição. Os biomarcadores de suscetibilidade indicam quais os fatores que podem aumentar ou diminuir um risco individual no desenvolvimento da resposta do organismo decorrente da exposição aos agentes químicos ambientais (Amorim, 2003).

## **1.9. Biomonitorização do Bisfenol A**

Vários estudos realizados demonstram como é ubíqua a exposição humana ao BPA, tendo sido detetada a presença deste composto em diversas amostras biológicas no Homem (Heinala et al., 2017; Kouidhi et al., 2016).

Num estudo realizado por He e colegas (2009) foi detetado altos níveis de bisfenol A na urina de trabalhadores de fábricas de produção de resinas epóxi e BPA na China. Um outro estudo realizado em trabalhadores envolvidos na produção de BPA nos EUA revelou que o nível de concentração de BPA na urina dos trabalhadores foi 70 vezes superior aos resultados obtidos no estudo realizado pela NIOSH em 2013-2014 (Hines et al., 2017).

No estudo realizado em Portugal com um total de 20 amostras de diferentes indivíduos, revelou concentrações de BPA na urina entre 0,39 µg/L e 4,99 µg/L (Cunha & Fernandes, 2010; Inácio, 2018).

Dada a rápida metabolização do BPA após ingestão (Lee et al., 2016), estes dados sugerem que existe uma exposição contínua da população humana ao bisfenol A, provavelmente resultante de várias fontes.

## **1.10. Avaliação de Riscos Químicos**

Segundo a Lei n.º 3 de 28 de janeiro de 2014, o empregador deve assegurar, nos locais de trabalho, que as exposições aos agentes químicos, não constituem risco para a segurança e saúde do trabalhador.

O empregador deve verificar a existência de agentes químicos perigosos no local de trabalho. Se esta verificação revelar a existência de agentes químicos perigosos, deverão ser avaliados os riscos para a segurança e a saúde dos trabalhadores resultantes da exposição (IPQ, 2016).

A identificação, análise e classificação de riscos servem para definir as medidas preventivas mais adequadas, abrangendo as dimensões técnicas, humanas e organizacionais. A avaliação de risco deverá ser uma etapa dinâmica assumindo-se como

uma componente essencial de qualquer estratégia de prevenção de qualquer organização (Freitas, 2011).

A avaliação de riscos profissionais, de exposição a agentes químicos, deve ter em conta os seguintes aspetos (Freitas, 2011):

- As informações constantes das fichas de dados de segurança e outras informações fornecidas pelo fabricante
- A natureza, o grau e a duração da exposição;
- As condições de trabalho que impliquem a presença desses agentes, incluindo a sua quantidade;
- Os valores limite obrigatórios e os valores limite biológicos definidos
- Os valores limite de exposição profissional
- Os resultados disponíveis sobre qualquer vigilância da saúde já efetuada.

A metodologia simplificada COSHH constitui uma boa ajuda na realização da avaliação inicial dos riscos e permite determinar se é necessário implementar medidas de controlo (Almeida et al., 2016). Tem como principal objetivo fornecer conselhos práticos para controlar os riscos para a saúde no uso de produtos químicos. A sua base assenta numa avaliação de risco (a líquidos e sólidos e não a gases ou líquidos acima do seu ponto de ebulição) para identificar as medidas de controlo apropriadas para controlar o risco (Ferreira, 2012).

### **1.10.1. Avaliação da Exposição Ocupacional**

A avaliação da exposição ocupacional, associada aos conhecimentos relativos aos efeitos na saúde e os limites considerados seguros, permite estabelecer as prioridades e as formas de intervenção efetiva para proteger os trabalhadores dos riscos químicos (Amorim, 2003). A determinação do BPA em amostras ambientais, como, do ar no local de trabalho é importante pois existem estudos que revelam que o BPA tem efeitos nocivos em humanos e animais (Harmanci & Yemis, 2020). A monitorização ambiental é realizada com o objetivo de reduzir as exposições ocupacionais e comprovar se as medidas preventivas adotadas no ambiente de trabalho são satisfatórias (Amorim, 2003). Segundo o Guia Geral para o Controlo da Exposição a Agentes Químicos do Instituto Português da Qualidade (IPQ), o empregador deve garantir a segurança e saúde dos trabalhadores, e quantificar a exposição ocupacional a produtos químicos perigosos com vista a assegurar que os trabalhadores não são expostos acima dos valores limite de exposição ou outros valores de exposição para avaliação e controlo do ambiente de trabalho. Segundo o site <https://www.chemicalrisk.com.br/> (2021), a avaliação da exposição ocupacional é a medida

da concentração de uma dada substância no ar, como por exemplo os agentes químicos. Representa a exposição do trabalhador. Para um controlo adequado do ambiente de trabalho a avaliação da exposição ocupacional a produtos perigosos deve basear-se em resultados de medição e análise que depois são comparados com o Valor Limite de Exposição estabelecido. Estes podem passar, por exemplo, pela utilização de tubos colorimétricos para deteção de gases ou pela contração de laboratórios acreditados para determinação da concentração desses agentes no ar dos locais de trabalho (Almeida et al., 2016). A FAO/WHO na sua reunião de especialistas de novembro de 2010 realizada no Canadá, recomendou que os métodos analíticos de determinação do BPA sejam validados de acordo com as diretrizes publicadas para validação de laboratório de referência, como a União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC), para incluir pelo menos os seguintes parâmetros de desempenho do método: limite de deteção, limite de quantificação, repetibilidade, recuperação, linearidade e faixa da curva de calibração. Os métodos analíticos referenciados na literatura estudada para determinação do BPA no local de trabalho são respetivamente o método do Departamento Americano de Segurança e Saúde Ocupacional, método OSHA Nº 1018, o método NIOSH 333 - HPLC - cromatografia Líquida de Alta Resolução com Detetor de UV (Gualame, 2016), o método alemão BGI Nº 505-75-01 e o método nacional chinês GBZ 159-2004, para a amostragem de ar no local de trabalho (He et al., 2009).

### **1.10.2. Avaliação da Exposição Biológica**

A avaliação da exposição biológica da exposição aos agentes químicos, significa a medida da substância ou dos seus metabólitos em vários meios biológicos, como sangue, urina, ar exalado e outros (por exemplo, BPA na urina) (Amorim, 2003). Tem como objetivo principal, verificar se existe segurança no local enquanto ocorre a presença do agente químico no ambiente de trabalho, não só, em exposições presentes como inclusive passadas, para evitar a ocorrência de efeitos adversos na saúde dos trabalhadores (Amorim, 2003). A determinação do BPA em função da matriz biológica é realizada pelo uso de métodos analíticos sensíveis usando várias técnicas de extração (Harmanci & Yemis, 2020). Na revisão bibliográfica realizada por Silva (2018) a matriz biológica mais utilizada de determinação do BPA é a urina, já o líquido onde a análise é mais sensível e específica é o plasma. A ingestão diária tolerável de BPA, definida pela EFSA é de 4 µg/kg de peso corporal. Devido às baixas concentrações que o BPA pode ser encontrado nas amostras ( $\mu\text{g/L}^{-1}$  e  $\text{ng/L}^{-1}$ ), muitos instrumentos analíticos são incapazes de detetar diretamente o composto nas amostras, necessitando de um método de extração para concentrá-lo (Senci, 2015). De entre as técnicas de extração mais utilizadas podem ser

destacadas a extração líquido-líquido (ELL) e a extração em fase sólida (EFS) (Senci, 2015).

Segundo o estudo realizado por Silva (2018), o método mais eficiente de dosagem, e também o mais caro de quantificação do BPA é a Cromatografia Líquida de Alta Performance com uso de diluição isotópica associada a espectrofotometria de Massa Tandem (IDLC-MS/MS). A metodologia mais frequentemente utilizada na dosagem do BPA é a Cromatografia Líquida de Alta Performance associada a Espectrofotometria de Massa Tandem (HPLC-MS/MS), enquanto o método mais barato de dosagem do BPA foi o Ensaio Imune enzimático ELISA sanduíche realizado no soro (sangue). Para Harmanci & Yemis (2020), embora as técnicas cromatográficas sejam de alto custo, elas são preferidas devido à sua precisão e baixo limite de detecção. Na análise de BPA, as técnicas cromatográficas com detetor de Massa Tandem (MS/MS) fornecem os melhores resultados até mesmo para amostras complexas em termos de precisão, sensibilidade e seletividade.

### **1.11. Medidas Preventivas**

O Decreto-Lei nº 290 de 16 de novembro de 2001, estabelece as regras de proteção dos trabalhadores contra a exposição a agentes químicos. Define agente químico, como qualquer elemento ou composto químico, isolado ou em mistura que se apresente no estado natural ou seja produzido, utilizado ou libertado em consequência de uma atividade laboral, inclusivamente sob a forma de resíduo, seja ou não intencionalmente produzido ou comercializado.

Segundo o Decreto-Lei nº 290 de 16 de novembro de 2001, o empregador deve assegurar que os riscos para a segurança e a saúde dos trabalhadores resultantes da presença no local de trabalho de um agente químico perigoso sejam eliminados ou reduzidos ao mínimo mediante:

- A conceção e organização dos métodos de trabalho no local de trabalho;
- A utilização de equipamentos de proteção adequados para trabalhar com agentes químicos;
- A utilização de processos de manutenção que garantam a saúde e a segurança dos trabalhadores;
- A redução ao mínimo do número de trabalhadores expostos ou suscetíveis de estar expostos;
- A redução ao mínimo da duração e do grau da exposição;
- A adoção de medidas de higiene adequadas;

- A redução da quantidade de agentes químicos presentes ao mínimo necessário à execução do trabalho em questão;
- A utilização de processos de trabalho adequados, nomeadamente disposições que assegurem a segurança durante o manuseamento, a armazenagem e o transporte de agentes químicos perigosos e dos resíduos que os contenham.

Não sendo possível eliminar ou substituir as substâncias perigosas deve ter-se em conta o resultado da avaliação de riscos efetuada e aplicar medidas de controlo adequadas.

## **1.12. Medidas de Controlo**

A legislação europeia estabelece uma hierarquia das medidas de controlo da exposição a serem tomadas sempre que um processo de avaliação dos riscos revele a existência de riscos (Facts 33, 2003). A avaliação de risco tem como objetivo, identificar o que pode causar danos para que medidas possam ser tomadas (Facts 33, 2003).

No topo da hierarquia encontra-se a eliminação do risco através da alteração do processo ou da substância (Facts 33, 2003). Caso a eliminação não seja possível, o processo ou as substâncias perigosas deverão ser substituídos por outro(s) inócuo(s) ou menos perigoso(s). As medidas de controlo deverão ser tomadas pela ordem seguinte (Facts 33, 2003):

- 1) Conceber controlos e processos de trabalho e utilizar equipamento e materiais adequados no intuito de reduzir a libertação de substâncias perigosas.
- 2) Aplicar medidas de proteção coletivas na origem do risco, como por exemplo ventilação e medidas organizacionais adequadas.
- 3) Aplicar medidas individuais de proteção, nomeadamente equipamento de proteção individual, sempre que a exposição não possa ser evitada por outros meios. O número de trabalhadores expostos deverá ser limitado ao mínimo, paralelamente à duração e à intensidade da exposição, bem como a quantidade de substâncias perigosas utilizadas e deverão ainda ser adotadas as medidas de higiene apropriadas (Facts 33; 2003).

As medidas de controlo da exposição devem ser complementadas pela vigilância da saúde e pela monitorização biológica, que implica medição e avaliação dos contaminantes em fluidos biológicos como por exemplo, em sangue e urina, ou no ar exalado (Silva, 2016).

## 1.13. Polímeros








Um polímero, palavra do grego poli (muito) e mero (unidade de repetição) é uma substância composta por moléculas caracterizadas por sequências de um ou mais tipos de unidades monoméricas. Por sua vez um monómero é uma substância que, por via da reação de polimerização, se converte numa unidade repetente da sequência polimérica (ECHA, 2012). A polimerização é a síntese de um polímero, isto é, o conjunto das reações que provocam a união de pequenas moléculas, por ligação covalente, para a formação das muitas cadeias macromoleculares que compõem um material polimérico; a polimerização consiste em reagir um ou mais monômeros para a obtenção de polímeros (Braskem, 2002). O polímero é uma estrutura molecular formada por vários meros que se agrupam em forma de macromoléculas, num processo de polimerização, podendo ser obtidos, assim, vários tipos de plásticos: os termoplásticos (usualmente chamados de plásticos), os termofixos e os elastômeros (Costa, 2013). A palavra "plástico" deriva do adjetivo grego "plastikos", que significa maleável ou moldável. Os plásticos são materiais sintéticos ou derivados de substâncias naturais, obtidos, na sua maioria, a partir de resinas derivadas do petróleo (Neves, 2015). Existem plásticos naturais e sintéticos, no qual o plástico natural é um polímero proveniente do petróleo ou de fontes renováveis naturais e o sintético é obtido através de processos de polimerização sintetizados em laboratório (Costa, 2013).

### 1.13.1 Símbolos de Identificação

Segundo a América Chemistry Council (ACC) (<https://www.americanchemistry.com/>) os plásticos mais comuns encontram-se identificados por um número de 1 a 7 dentro de um triângulo de três setas (símbolo de reciclagem) e sob o mesmo uma abreviatura, indicando o tipo de plástico do qual o produto é feito para auxiliar a separação e posterior reciclagem e valorização, contribuindo para a recuperação dos materiais plásticos reciclados. A separação correta de plásticos pode ser feita através do código de identificação de resina (CIR) presente no produto acabado. A numeração e as abreviaturas a adotar para identificar os diferentes tipos de plástico está descrita, nos termos do artigo 8º da Decisão 97/129/CE, de 28 de janeiro, no entanto, este sistema de identificação, conforme indicado na Tabela (1.4), foi inicialmente criado na América em 1988 pela *Society of the Plastics Industry* (SPI) (Letras, 2008).

Tabela 1.4 - Sistema de identificação dos materiais plásticos

Fonte: Adaptado do: quadro I do anexo II do Decreto-Lei nº 92/2006, de 25 de maio

Símbolo	Material plástico	Exemplo de aplicação
	<b>PET</b> – Politereftalato de etileno	Garrafas de água, refrigerantes
	<b>PEAD</b> – Polietileno de alta densidade	Embalagens para detergentes
	<b>PVC</b> – Policloreto de vinilo	Tubos, detergentes
	<b>PEBD</b> – Polietileno de baixa densidade	Películas embalar alimentos
	<b>PP</b> - Polipropileno	Caixas de CD`s
	<b>PS</b> - Poliestireno	Copos de iogurte, caixa de ovos, esferovite
	<b>Outros</b>	

Este sistema de classificação composto por uma série de sete números permite aos consumidores uma fácil identificação dos polímeros, bem como a sua identificação no trabalho de triagem dos resíduos sólidos urbanos (RSU) (Azapagic et al., 2003).

## 1.14. Polímeros Tóxicos para a Saúde

### 1.14.1. Policloreto de Vinilo

O Policloreto de vinilo (PVC), também conhecido como CIR 3, é o plástico mais conhecido. O PVC é um material termoplástico altamente resistente, mas a sua produção apresenta alguma complexidade, por ser um produto muito instável e viscoso necessita de ser combinado com outros ingredientes na sua fase de polimerização (Costa, 2013). É frequentemente usado para fazer tubos, janelas, paredes, filme plástico e garrafas de água e de óleo de cozinha. Possui aplicação também na indústria de brinquedos, cartões de créditos e caixas para armazenagem de alimentos (Costa, 2013). O PVC pode conter bisfenol A, chumbo, ftalatos, dioxinas, mercúrio e cádmio. É associado a carcinógenos e disruptores hormonais.

### **1.14.2. Poliestireno**

O poliestireno (PS), ou CIR 6, é utilizado sob o nome comercial de esferovite. O poliestireno é um polímero termoplástico que apresenta como, principais características, rigidez, impermeabilidade, baixo peso e é um plástico transparente (Costa 2013). Devido à sua rigidez, o poliestireno torna-se um material frágil. Usado para produtos de embalagem de consumo, como tampas de refrigerantes, copos, pratos, bandeja de ovos, ou dispositivos médicos, como tubos de ensaio ou placas de Petri. O estireno, principal matéria-prima utilizada na produção da esferovite, provoca problemas de saúde como dores de cabeça, depressão, perda auditiva e até mesmo problemas neurológicos, é suspeito de aumentar o risco de leucemia e linfoma (Costa, 2013).

### **1.14.3. Outros**

Uma grande variedade de resinas plásticas que não se enquadram nas categorias anteriores é agrupada nesta. Os plásticos que recebem o CIR 7 referem-se a todos os plásticos criados após 1987. Este grupo inclui o policarbonato (PC) usado na fabricação de embalagens para alimentos, copos infantis e garrafas de água reutilizáveis. O PC é um plástico com alta resistência mecânica que também contém BPA e é muito utilizado na indústria automóvel (Costa, 2013).

## **1.15. Gestão de Resíduos**

A gestão de resíduos é realizada de acordo com os princípios do desenvolvimento sustentável que, tendo em conta a impossibilidade de evitar a produção de resíduos, procura encaminhá-los para as melhores opções de valorização (Letras, 2008).

O DL n.º 73 de 17 de junho de 2011, define, resíduos, como sendo quaisquer substâncias ou objetos de que o detentor se desfaz ou tem intenção ou obrigação de se desfazer. Por sua vez, triagem, é definido como o ato de separação de resíduos mediante processos manuais ou mecânicos, sem alteração das suas características, com vista ao seu tratamento. Segundo o site da Iberdrola (<https://www.iberdrola.com/meio-ambiente/como-reduzir-o-consumo-de-plastico>) a proliferação dos plásticos e o impacto no meio ambiente é um problema grave para o planeta, em 2020 a população mundial produziu mais de 500 milhões de toneladas de plástico, sendo 900% a mais do que em 1980. Ainda segundo o mesmo site da Iberdrola, a indústria da reciclagem no âmbito da economia circular é vista como o caminho a seguir para evitar que em 2050 os oceanos possam conter mais plásticos do que peixes. Para a Agência Europeia para a Segurança e a Saúde no Trabalho (OSHA) a gestão de resíduos é considerada uma das ocupações mais perigosas com uma

taxa de doença 50% maior do que nos outros setores. A exposição a substâncias perigosas durante as atividades de tratamento de resíduos, foi identificada como risco químico emergente (OSHA, 2009). Um risco emergente em segurança e saúde no trabalho (SST) é qualquer risco simultaneamente novo e que está a aumentar. Segundo a Facts 84 da OSHA, foram encontrados elevados níveis de poeiras no ambiente de trabalho da gestão de resíduos e mais de 100 compostos orgânicos voláteis, estima-se que, anualmente, morram na EU cerca de 74 000 pessoas por causas relacionadas com a exposição a substâncias perigosas no local de trabalho. Segundo Facts 84 da OSHA, as resinas epoxídicas são uma causa importante de dermatite de contacto alérgica profissional, tendo igualmente sido notificados casos de sensibilização cutânea, irritação dos olhos e das vias respiratórias, urticária de contacto, rinite e asma. A exposição dérmica é uma das principais formas de exposição a substâncias perigosas (Facts 84, 2009). Os problemas de pele ocupam o segundo lugar entre as doenças profissionais na UE, sendo as substâncias químicas responsáveis por 80% a 90% destes problemas (OSHA, 2009). A pele das mãos, rosto e pescoço, podem ser afetadas pela exposição indireta a substâncias transportadas pelo ar ou quando mãos contaminadas tocam em outras partes do corpo (OSHA, 2009). Os trabalhadores de tratamento de resíduos também estão expostos a altos níveis de poeira (Facts 84, 2009). Os efeitos na saúde dependem do tipo de resíduos e substâncias. Embora não seja possível eliminar completamente os riscos químicos inerentes ao tratamento de resíduos, a medida de prevenção mais eficaz consiste em reduzir a geração de poeira, aerossóis e compostos orgânicos voláteis (Facts 84, 2009). Além disso, medidas técnicas coletivas e planos de segurança e saúde (PSS) também contribuem significativamente para reduzir a exposição dos trabalhadores. A prevenção deve ser adaptada ao tipo de resíduo e às atividades de tratamento em causa (OSHA, 2009).

### **1.15.1 Reciclagem de Resíduos de Plástico**

A reciclagem constitui um conjunto de técnicas que tem por objetivo processar resíduos de materiais utilizados em novos produtos de forma a evitar desperdícios, valorizar os materiais, evitar a sua deposição em aterro e reduzir o consumo de recursos naturais (Santos, 2009). Segundo (Brognoli, 2006), a valorização de polímeros pode ser classificada em quatro categorias: primária, secundária, terciária e quaternária.

A reciclagem primária: consiste na transformação dos resíduos poliméricos provenientes da indústria por métodos de processamento padrão em produtos com características equivalentes aos produtos originais produzidos com polímeros virgens; por exemplo, aparas que são novamente introduzidas no processamento (Hrebynyuk, 2010).

Reciclagem secundária: transformação dos resíduos poliméricos provenientes dos resíduos sólidos urbanos (RSU), resíduos da indústria ou de agricultura por um processo ou uma combinação de processos em produtos que tenham menor exigência do que o produto obtido com polímero virgem (Spinacé & Paoli, 2005).

Reciclagem terciária (química): Trata-se de um processo tecnológico mais complexo, já que o plástico passa por uma transformação química capaz de fazê-lo retroceder à sua condição inicial por meio de manipulações químicas, que envolvem a aplicação de solventes, ácidos, calor, entre outros processos químicos (Spinacé & Paoli, 2005).

Reciclagem quaternária (térmica ou energética): processo tecnológico que consiste em transformar o plástico em energia térmica e elétrica, aproveitando, por meio da incineração, o poder calorífico armazenado nesses materiais como combustível (Spinacé & Paoli, 2005).

A reciclagem primária e a secundária são conhecidas como reciclagem mecânica ou física, é o método mais usado globalmente para dar novos usos aos resíduos, o que diferencia uma da outra é que na primária utiliza-se sobras dos polímeros resultante do processo industrial e na secundária, utiliza-se resíduos sólidos urbanos (RSU), resíduos da indústria e da agricultura (Brognoli, 2006).

Hoje existem vários métodos de reciclagem de plásticos, contudo no âmbito deste trabalho é estudada a reciclagem mecânica de plásticos, de entre os métodos atualmente disponíveis (reciclagem mecânica, química e energética) uma vez que é considerado o método principal e o mais generalizado à escala mundial (Chemsec, 2021).

#### **1.15.1.1 Reciclagem Mecânica**

A reciclagem mecânica consiste na transformação de resíduos plásticos por processos mecânicos, que permitem transformá-los em grânulos que são posteriormente utilizados como matéria-prima para originar novos produtos (Neves, 2015).

A separação mecânica de resíduos de embalagens é uma prática útil para melhorar a qualidade dos fluxos de resíduos recicláveis e a sua valorização no quadro da economia circular (Cioca et al., 2018). Este método de reciclagem, dependendo da origem do resíduo plástico, pode incluir diferentes etapas como: triagem; moagem; lavagem e separação; secagem; extrusão e transformação do plástico num produto acabado (Brognoli, 2006). A reciclagem mecânica tem várias limitações, como a degradação do polímero a cada ciclo, alta dependência da qualidade e pureza da matéria-prima e o mais importante a

incapacidade para eliminar contaminantes químicos de plásticos (Chemsec, 2021). O processo de reciclagem mecânica de misturas de resíduos de plástico pode ser observado na (Figura 1.9), inicia na fase de recolha e de triagem dependendo estes, da deposição voluntária prévia dos resíduos nos ecopontos por parte dos consumidores (Letras, 2008).

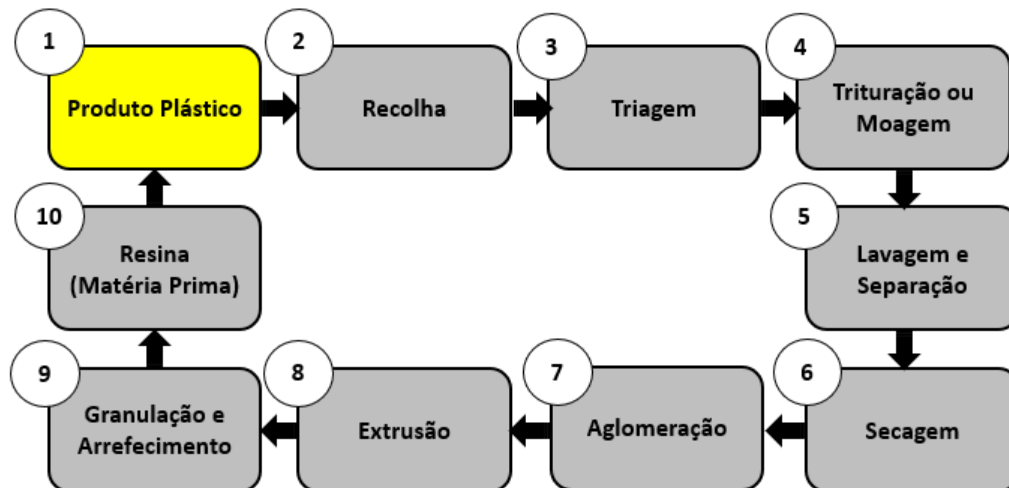


Figura 1.9 - Fluxo do processo de reciclagem mecânica do plástico

Fonte: Adaptado Plastval, (2021)

Segundo o Decreto-Lei nº 178/2006, de 5 de setembro, triagem consiste no ato de separação de resíduos mediante processos manuais ou mecânicos, sem alteração das suas características, com vista à sua valorização ou a outras operações de gestão. As operações de triagem e separação dos resíduos plásticos são realizadas principalmente, de modo manual ou por métodos automáticos, separando e selecionando por tipo de polímero, por cor (plástico transparente do plástico colorido) ou aspeto (Faria, 2011). Os plásticos selecionados são levados para um moinho, a fim de serem fragmentados em partes menores (Farias, 2011). Após triturados, os plásticos passam por um processo de lavagem, onde é realizada a limpeza do material, para serem retirados nomeadamente contaminantes, papel e areias (Neves, 2015). Em seguida, ocorre a separação dos plásticos, é feita pela diferença de densidades, ou seja, os materiais mais densos afundam e os menos densos ficam na superfície da água (Monteiro, 2012).

Após a lavagem, é importante a secagem do material, de modo a eliminar a humidade residual (Spinacé & Paoli, 2005). A secagem do plástico pode ser realizada por processos mecânicos ou térmicos. Nos processos mecânicos a humidade é removida por força da gravidade ou inércia. Na secagem térmica são utilizados três mecanismos: condução térmica, convecção e radiação. Os equipamentos de secagem resumem-se a sistemas de transporte de ar quente, conduzido por centrifugação ou em contracorrente (Letras, 2008).

Depois da secagem, o material plástico passa pela etapa de aglomeração onde é condensado no aglutinador e fragmentado de forma a originar uma massa plástica pela ação do atrito e o aumento da temperatura (Neves, 2015). Por fim, é realizado o reprocessamento do material plástico por extrusão. Em que a massa plástica é fundida na extrusora resultando pequenos filamentos que depois de arrefecidos em água seguem para corte num granulador, transformando-os em pequenos grânulos de resina reciclada, matéria-prima de novo produto plástico (Spinacé & Paoli, 2005).

Segundo a bibliografia consultada, os trabalhadores do processo de tratamento de resíduos estão expostos a altos níveis de poeira (Facts 84, 2009).

Num estudo de avaliação de riscos ocupacionais realizado no Peru em trabalhadores de manipulação de resíduos de plástico, por Ascue & Quispe (2017), o nível registado de concentração média de material particulado total foi de 40,85 mg/m<sup>3</sup> e de 51,37 mg/m<sup>3</sup> respetivamente, na etapa de moagem e na etapa de aglomeração de plástico, excedendo ambos o limite total de partículas permitido, 10 mg/m<sup>3</sup> pelo Decreto Supremo nº 055-2010-EM representando risco crítico. O estudo de Ascue & Quispe (2017), refere ainda que as partículas monitorizadas incluem principalmente pó de plástico, que quando entram no corpo podem ter um efeito tóxico, pelo que foi recomendado a tomada de medidas de melhoria organizacionais e de infraestrutura do ambiente de trabalho para evitar riscos de exposição à inalação de material particulado.

Quanto à reciclagem do papel térmico, embora seja reciclável, devido à presença de BPA na sua composição, o *Pollution Prevention Resource Center* (PPRC) recomenda a eliminação desse tipo de papel no lixo comum em vez de serem reciclados para evitar a contaminação por BPA, que é libertado no processo de reciclagem. O BPA, é um revestimento presente no papel térmico e que lhe confere cor quando submetido a calor (Costa & Assis, 2018). Nos últimos anos, o maior problema ambiental associado ao BPA e a outros utilizados no papel térmico é a sua eliminação, pelo que surgiram inúmeros estudos sobre o seu potencial de risco e rotas de exposição, como na União Europeia e nos Estados Unidos (Costa & Assis, 2018).

Segundo Costa & Assis (2018), para além da própria poluição visual, há a libertação de bisfenol no ambiente (lençóis freáticos, solos e a atmosfera), sendo passível de bioacumulação pela sua baixa solubilidade. Se o bisfenol for encaminhado para a reciclagem, o impacto é maior ainda sobre a saúde humana e meio ambiente, pelo contato e contaminação dos papéis recicláveis (Costa & Assis, 2018). A solução não é o incentivo à reciclagem porque isso o mantém presente, uma vez que o papel reciclado pode ser usado para produzir vários tipos de papel, desde papel higiênico e até toalhas de papel, sendo um risco à exposição (Costa & Assis, 2018). Até que resultados de segurança sejam

obtidos, o recomendado é que qualquer papel térmico seja colocado no lixo em vez de reciclado, independentemente da composição química sugerida (Costa & Assis, 2018). A melhor forma de eliminar os recibos de papel térmico que contenham bisfenóis é embalar e fechar hermeticamente em saco de plástico não biodegradável e enviar para aterros seguros, desta forma eles não correrão o risco de se libertarem para os lençóis freáticos ou solos (Costa & Assis, 2018).

Segundo o site brasileiro [www.setorreciclagem.com.br](http://www.setorreciclagem.com.br), a exposição humana ao BPA aumenta com a reciclagem do papel térmico, uma vez que, durante o processo, pode haver contaminação de outros produtos de papel reciclado. Devido ao uso intensivo de água e à natureza química do BPA disponível gratuitamente em revestimentos de papel, a reciclagem de papel produz a maior fonte industrial de BPA que entra nas estações de tratamento de águas residuais (ETARs). Segundo a organização não governamental (ONG) britânica *Chem Trust* (<https://chemtrust.org/>), os desreguladores endócrinos foram considerados como causadores da feminização de peixes e têm sido associados a problemas de desenvolvimento neurológico, perturbações da fertilidade, certos tipos de cancro como o da mama, diabetes, obesidade e doença coronária.

Segundo a informação publicada no site (<https://aparasmacedo.com.br>), a reciclagem de papel envolve operações de recolha, triagem, classificação, trituração, enfardamento e a venda do papel usado às indústrias de reciclagem, que farão a sua transformação em papel pronto para ser reutilizado. A primeira etapa da reciclagem de papel é a triagem, consiste na separação normalmente manual, por tipologia de papel e na eliminação de materiais contaminantes, como elásticos, clips, tintas, etc. A segunda etapa é a classificação, feita em função da sua qualidade, origem e presença de matérias aceitáveis. Depois segue-se a etapa da trituração, obtida através de fragmentação com dimensões pré-determinadas, de alguns lotes de papel, como revistas, jornais e aparas. Por fim, as operações finais do processo, correspondem ao enfardamento e venda do papel usado às indústrias de produção de papel reciclado.

## **2. Capítulo II: Materiais e Métodos**

### **2.1. Objetivos**

#### **2.1.1 Objetivos Gerais**

A presente dissertação de Mestrado teve como objetivos gerais:

- Sistematização dos resultados de estudos publicados em documentos técnicos relevantes sobre a problemática da exposição ocupacional ao Bisfenol A (BPA) na indústria de gestão de resíduos de plástico e papel e a síntese desses resultados;
- Perceber se a indústria da gestão de resíduos (plástico e papel) pode implicar exposição ocupacional a BPA.

#### **2.1.2 Objetivos Específicos**

Com base nos objetivos gerais foram delineados os objetivos específicos:

- Identificar os estudos já realizados na indústria de resíduos (plástico e papel) que avaliam a exposição ocupacional a BPA;
- Identificar quais os métodos de avaliação da exposição ocupacional a BPA;
- Caracterizar as etapas envolvidas na triagem dos resíduos de plástico e papel que podem implicar exposição;
- Identificar a via de exposição mais relevante nos contextos ocupacionais em causa;
- Identificar as medidas de controlo da exposição mais adequadas.

### **2.2 Questão de Investigação**

Tendo por base os objetivos anteriormente referidos foi estabelecida a questão de pesquisa. Convencionou-se estruturá-la segundo a ferramenta designada pelo acrónimo PICO; onde “P” corresponde a população, “I” de intervenção, “C” de comparação ou controle e “O” de outcome, traduzido do inglês significa desfecho (Santos & Galvão, 2014). Pretende-se responder à seguinte questão de investigação:

Justifica-se estudar a exposição a BPA na indústria de gestão de resíduos de plástico?

## 2.3 Metodologia

Este trabalho teve por base uma revisão sistemática (RS) descritiva não quantitativa de literatura, realizada no período de referência para pesquisa de 2010 a 2021. A revisão sistemática é um sumário de evidências provenientes de estudos primários conduzidos para responder uma questão específica de pesquisa (MS, 2012), caracterizada por ser metodologicamente abrangente, transparente e replicável (Donato & Donato, 2019). A presente RS teve por base a aplicação das recomendações Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses - PRISMA, seguindo as quatro fases do diagrama de fluxo PRISMA, com o objetivo de identificar artigos ligados ao tema em estudo. Este método recomenda a divisão do processo de pesquisa em 4 fases distintas nomeadamente, identificação, triagem, elegibilidade e inclusão, que se descrevem de seguida. O esquema que ilustra o processo encontra-se representado na (Figura 2.1).

### Fase de identificação

Nesta fase inicial do processo, foram consultadas como fontes de informação, três bases de dados internacionais, *Web of Science*, *B-On* e *PubMed*. Os descritores utilizados para a pesquisa de artigos nas bases de dados foram os seguintes: “Bisfenol A”, “exposição ocupacional”, “indústria de resíduos”, “avaliação da exposição”, “efeitos na saúde”, no entanto e uma vez que são bases de dados internacionais, foi considerada a utilização da versão equivalente em língua inglesa: bisphenol A, occupational exposure, waste industry, exposure assessment e health effects. A pesquisa foi realizada de 1 de janeiro a 27 de agosto de 2021. As palavras-chave foram utilizadas considerando as conjugações apresentadas na (Tabela 2.1).

Tabela 2.1 - Conjugação das palavras-chave por base de dados  
Fonte: Elaborado pelo autor

Bases de dados	Palavra-chave
<b>Web of Science</b>	“Bisphenol A” AND “occupational exposure” AND “exposure assessment”
<b>B-On</b>	“Bisphenol A” AND “occupational exposure” AND “exposure assessment” AND “waste industry” AND “health effects”
<b>PubMed</b>	“Bisphenol A” AND “occupational exposure” AND “exposure assessment” AND “waste industry” AND “health effects”

Em complemento à primeira pesquisa, foram ainda considerados documentos científicos que não são disponibilizados pelas vias normais de publicação, denominados como literatura cinzenta (*grey literature*) no meio académico, publicados desde 2009. Estes

artigos foram considerados relevantes para o presente trabalho, atribuiu-se o nome de “pesquisa manual”.

Os resultados obtidos na primeira fase da revisão sistemática podem ser observados na Tabela (2.2) que se apresenta de seguida.

Tabela 2.2 - Resultados das primeiras pesquisas  
Fonte: Elaborado pelo autor

<b>Base de dados</b>	<b>Número de artigos identificados</b>
Web of Science	11
B-On	35
PubMed	198
Pesquisa manual	14
<b>Total</b>	<b>258</b>

Seguidamente, com o objetivo de limitar o resultado da amostra, foram aplicados critérios de inclusão e exclusão com base na metodologia PRISMA, encontram-se descritos na (Tabela 2.3), seguinte.

Tabela 2.3 - Critérios de inclusão e exclusão  
Fonte: Elaborado pelo autor

	<b>Critérios de inclusão</b>	<b>Critérios de exclusão</b>
<b>Data de publicação</b>	Publicações a partir de 2010, inclusive	< 2010
<b>Idioma</b>	Português e inglês	Outros idiomas
<b>Contexto</b>	Indústria de reciclagem, plástico e papel	Outras indústrias
<b>Tema de estudo</b>	Bisfenol A	Outros

### **Fase de triagem**

Nesta fase o objetivo é limitar cada vez mais a pesquisa atendendo ao número elevado de artigos potencialmente elegíveis para este estudo. Neste sentido, foram identificados os artigos científicos que se encontram duplicados seguido da análise dos títulos dos artigos e dos respetivos *abstracts*. Os resultados obtidos podem ser observados na (Tabela 2.4).

Tabela 2 4 - Resultados da fase de triagem  
 Fonte: Elaborado pelo autor

Base de dados	Exclusões			Total
	Por repetição	Leitura do Título	Leitura do <i>abstract</i>	
Web of Science	0	11	0	11
B-On	0	35	0	35
PubMed	2	195	1	198
Pesquisa manual	2	0	1	3
<b>Total</b>	<b>4</b>	<b>241</b>	<b>2</b>	<b>247</b>

### Fase de elegibilidade

Nesta fase, a amostra ficou reduzida aos artigos denominados como literatura cinzenta (*grey literature*) (n=11). Estes artigos foram analisados de forma integral, embora dois deles tenham sido publicados em 2009, foram incluídos atendendo à relevância do achado e ao número reduzido de achados resultante da análise qualitativa do presente estudo.

Todo o processo de pesquisa bibliográfica descrito anteriormente encontra-se representado na (Figura 2.1) seguinte:

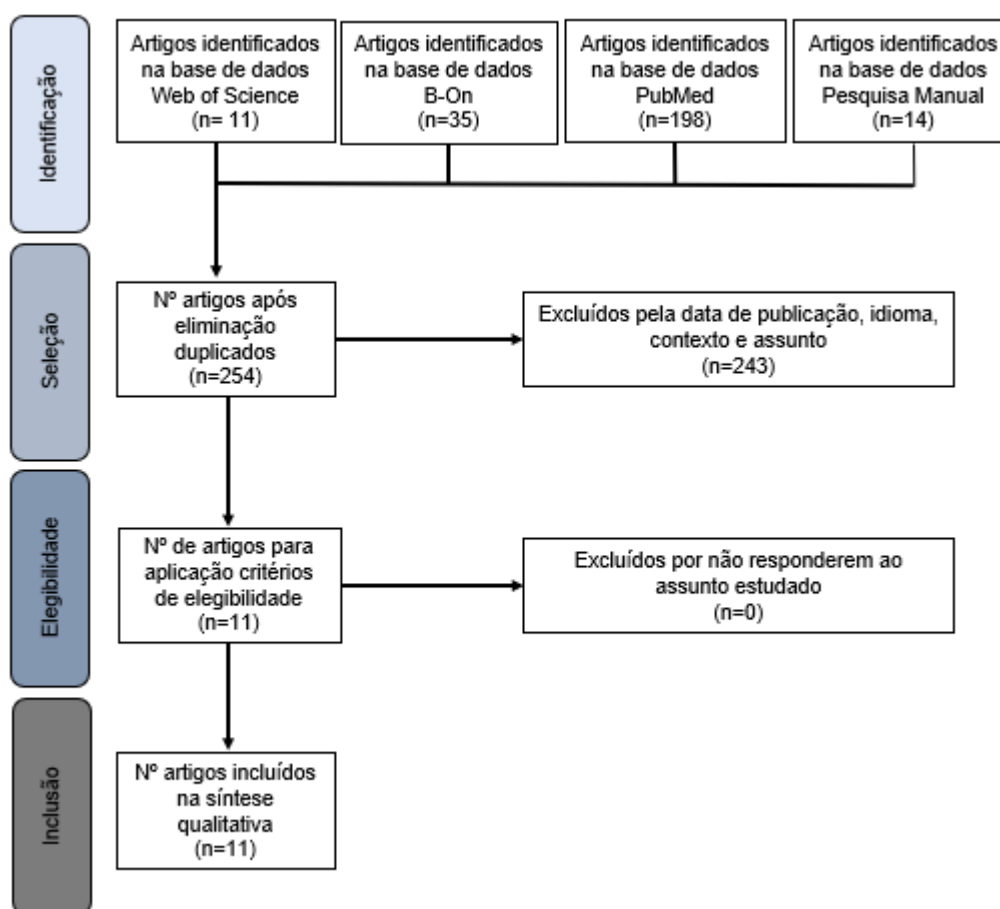


Figura 2.1 - Processo de triagem da pesquisa - metodologia PRISMA  
 Fonte: Elaborado pelo autor

### 3. Capítulo III: Resultados

Da pesquisa realizada entre 1 de janeiro e 27 de agosto de 2021 nos motores de busca incluídos no trabalho, seguindo as recomendações do método de PRISMA, os resultados demonstraram que não foram encontrados estudos que reportem dados da exposição ocupacional ao Bisfenol A (BPA) no contexto da indústria de reciclagem de plástico e papel. Contudo, na literatura cinzenta (*grey literature*) encontramos um total de 11 artigos, distribuídos, 9 estudos no âmbito de exposição ocupacional à produção de plástico, resinas epóxi, BPA, tintas e papel térmico, em fábricas, 3 na China, 1 no Canadá, 1 na Nigéria, 1 nos EUA, 1 na Finlândia, e 1 na Malásia. E ainda identificados, dois estudos da exposição ocupacional ao papel térmico, publicados um no Brasil e outro nos EUA. O resultado dos estudos, encontram-se resumidos na (Tabela 3.1).

Tabela 3.1 - Compilação de artigos incluídos na Revisão Sistemática

Fonte: Elaborado pelo autor

#	Autor	Tipo de estudo	Objetivos	População Amostra	Instrumento de recolha de dados	Principais achados
1	(Li et al., 2009)	Quantitativo	- Estudar o efeito da exposição ocupacional ao BPA sobre o risco de disfunção sexual no homem - China	- 230 trabalhadores de diferentes empresas, uma de produção de BPA e três de resinas epóxi (homens)	- Entrevista pessoal usando um inventário padrão da função sexual masculina e o Índice Internacional de Função erétil	- Estudo forneceu evidências importantes de que a exposição ao BPA no local de trabalho aumenta significativamente o risco de disfunção sexual masculina. A descoberta foi consistente para todos os quatro domínios que medem a disfunção sexual masculina, todos mostraram riscos associados à exposição ao BPA.
2	(He et al., 2009)	Quantitativo	- Avaliar os níveis de bisfenol A (BPA) no ambiente de trabalho e os níveis de BPA na urina dos trabalhadores - China	- 167 trabalhadores de diferentes empresas, duas de produção de resinas epóxi e duas de produção de BPA	- Monitorização: a) biológica - análise da urina antes e depois do turno de trabalho b) ambiental - análise do ar exalado	- Estudo concluiu que os trabalhadores de produção de resinas epóxi e de BPA encontram-se ocupacionalmente expostos a altos níveis de BPA.
3	(Dematteo et al., 2012)	Qualitativo	- Estudar o efeito da exposição química em mulheres trabalhadoras na indústria de plástico - Canadá	- Mulheres trabalhadoras de empresas de indústria de plástico	- Revisão da literatura	- Estudo concluiu que as mulheres que trabalham na indústria de plásticos no Canadá estão expostas a uma infinidade de produtos químicos que foram identificados como cancerígenos mamários e desreguladores endócrinos e que o ambiente de trabalho encontrasse contaminado com poeiras e vapores. Estes incluem estireno, acrilonitrila, cloreto de vinil, ftalatos, bisfenol A (BPA), retardadores de chama, bromatos, metais pesados e uma série de solventes e misturas químicas complexas. A exposição destas mulheres excede em muito a encontrada no público em geral.
4	(Rocha et al., 2015)	Quantitativo	- Estudar os níveis de concentração de BPA e BPS em recibos de papel térmico - Brasil	- 190 amostras de recibos de papel térmico recolhidos aleatoriamente em diferentes locais no Estado de São Paulo	- Amostras de recibos de papel térmico	- BPA e / ou BPS foram detetados em 98% das amostras em concentrações que variam de abaixo do limite de quantificação a 4,3% (papel mg / 100 mg). - Os valores obtidos foram superiores aos valores anteriormente reportados em outros países.

#	Autor	Tipo de estudo	Objetivos	População Amostra	Instrumento de recolha de dados	Principais achados
5	(Nnadozie & Ugwu, 2016)	Quantitativo	- Determinar o nível de consciencialização sobre saúde e segurança ocupacional entre trabalhadores da indústria de plásticos - Verificar o nível de implementação da saúde ocupacional e gestão da segurança na indústria de plásticos - Nigéria	- 221 trabalhadores de 4 fábricas de produção de plásticos na Metrópole Awka	- Questionário estruturado, desenvolvido e validado especificamente para o estudo	- Os resultados do estudo mostram que o nível de consciencialização sobre segurança e saúde ocupacional entre os funcionários da indústria de plásticos na Nigéria é alta. - Nível de implementação de segurança e saúde ocupacional na indústria de plásticos na Nigéria também é alta.
6	(Hines et al., 2017)	Quantitativo	- Quantificar a concentração de BPA na urina em trabalhadores envolvidos na produção de BPA - EUA	- 77 trabalhadores de seis empresas que fabricam BPA ou resinas provenientes do BPA	- Monitorização: a) biológica - análise da urina antes e depois do turno de trabalho e após repouso passado 24 horas - Questionário desenvolvido especificamente para o estudo	- Estudo revelou que os níveis de concentração de BPA total obtido foi 70 vezes superior aos resultados obtidos no estudo anterior realizado nos EUA pela NIOSH em 2013-2014.
7	(Ribeiro et al., 2017)	Qualitativo	- Estudar o efeito na saúde resultante da exposição ocupacional ao bisfenol A - China/outros países	- Trabalhadores de empresas de produção de plástico e resinas epóxi	- Revisão da literatura	- Estudos desenvolvidos na China revelaram evidências de que os indivíduos ocupacionalmente expostos têm mais altos níveis de BPA do que as populações ambientalmente expostas e que a taxa de deteção de BPA sérico aumenta em relação ao tempo de exposição.
8	(Russo et al., 2017)	Quantitativo	- Estudar os níveis de concentração de BPA e BPS em recibos de papel térmico - Estimar os valores de ingestão diária de BPA e BPS - Itália	- 50 amostras de recibos de papel térmico recolhidos em diferentes locais	- Amostras de recibos de papel térmico	- O BPA foi encontrado em 44 amostras de recibos de papel térmico na concentração média de 107,47µg / 100mg de papel. - Os valores estimados de ingestão diária de BPA por meio da adsorção dérmica para indivíduos ocupacionalmente expostos, foram 66,8µg / dia para BPA e 15,6µg / dia para BPS.

#	Autor	Tipo de estudo	Objetivos	População Amostra	Instrumento de recolha de dados	Principais achados
9	(Heinala et al., 2017)	Quantitativo	- Avaliar a exposição ocupacional ao bisfenol A em diferentes fábricas - Finlândia	- 49 trabalhadores de duas fábricas de tintas (tintas líquidas e em pó), uma fábrica de papel térmico e uma fábrica de tratores (14 mulheres e 35 homens)	- Monitorização: a) biológica - análise da urina, excreção total de bisfenol A (livre e conjugado) b) ambiental - análise do ar do local de trabalho	- Estudo demonstrou que a exposição ocupacional ao BPA pode ocorrer especialmente quando o BPA puro é utilizado na fabricação de tintas e papel térmico.  - Exposição ao BPA puro pode resultar em níveis de concentração de BPA na urina de até 1–2 vezes superior à concentração da população geral.
10	(Kouidhi et al., 2016)	Quantitativo	- Avaliar os níveis de bisfenol A (BPA) no ambiente de trabalho e os níveis de BPA na urina de Trabalhadores - Malásia	- 70 trabalhadores de uma empresa de moldagem de plástico tipo policarbonato - 70 voluntários de controlo não expostos	- Monitorização: a) biológica - análise da urina antes e após turno de trabalho, assim como em trabalhadores de controlo b) ambiental - análise do ar do local de trabalho	- Resultados fornecem a primeira evidência de que os trabalhadores de uma fábrica de moldagem na Malásia encontram-se ocupacionalmente expostos ao BPA.
11	(Bousoumah et al., 2021)	Qualitativo	- Identificar estudos ocupacionais usando biomonitorização humana como ferramenta para avaliação da exposição a bisfenol	- 30 estudos sobre biomonitorização humana em contexto ocupacional ao BPA	- Revisão sistemática	- Dos estudos selecionados para BPA 57% foram realizados na Ásia, enquanto na Europa são raros os estudos sobre BPA nos sectores de plástico e resina epóxi. - Os dados asiáticos mostram maior exposição quando a substância é empregue como matéria-prima.

### 3.1 Análise dos Resultados

Ao longo dos 11 artigos incluídos neste estudo (Tabela 3.1), foi realizada uma análise para averiguar a possibilidade de existir exposição de trabalhadores ao BPA na indústria de gestão de resíduos de plástico e papel.

A representação resumida dos artigos elegíveis para estudo por ano de publicação pode ser observada na (Tabela 3.2). Conforme se observa, e apesar de se ter admitido a elegibilidade de artigos no período compreendido entre o ano de 2010 a 2021, (2 em 11) estudos foram selecionados com datas de publicação anteriores a 2010 devido à relevância do achado e ao número reduzido de artigos encontrados sobre o tema que possam ajudar a suportar a resposta positiva à questão de pesquisa (Li et al., 2009; He et al., 2009). O ano de 2017 foi o mais produtivo em termos de artigos científicos publicados sobre o efeito da exposição ocupacional ao BPA (3 em 11) estudos (Heinala et al., 2017; Hines et al.; 2017, Ribeiro et al., 2017). No ano de 2017, foi ainda publicado (1 em 11) dos 2 estudos realizados sobre níveis de concentração de BPA em recibos de papel térmico (Russo et al., 2017; Rocha et al., 2015).

*Tabela 3.2 - Artigos publicados por ano*

<b>Ano</b>	<b># Artigos Publicados</b>
<b>2009</b>	2
<b>2012</b>	1
<b>2015</b>	1
<b>2016</b>	1
<b>2017</b>	5
<b>2021</b>	1
<b>TOTAL</b>	11

No que se refere há distribuição geográfica dos artigos tendo em conta o país de origem do estudo, o resultado encontra-se ilustrado na (Figura 3.1), onde (5 em 11) estudos foram realizados em indústrias de países do continente asiático (China (3), Malásia e outro asiático (1) respetivamente (Li et al., 2009; He et al., 2009; Ribeiro et al., 2017; Kouidhi et al., 2016; Bousoumah et al., 2021), sendo que apenas (3 em 11) estudos foram realizados no continente americano (Canadá, Brasil e EUA) (Dematteo et al., 2012; Rocha et al., 2015; Hines et al., 2017) na Europa foram realizados (2 em 11) estudos em Itália e na Finlândia (Russo et al., 2017; Heinala et al., 2017) e apenas (1 em 11) foi realizado no continente africano (Nigéria) (Nnadozie & Ugwu., 2016).



Figura 3.1 - Distribuição geográfica de origem dos artigos  
 Fonte: Elaborado pelo autor

No que se refere ao método/tipo de estudo realizado, verificamos na (Figura 3.2) que 72,7% dos artigos (9 em 11) correspondem a estudos quantitativos (Li et al., 2009; He et al., 2009; Dematteo et al., 2012; Rocha et al., 2015; Nnadozie & Ugwu, 2016; Hines et al., 2017; Russo et al., 2017; Heinala et al., 2017; Kouidhi et al., 2016) e os restantes 27,3% (2 em 11) estudos qualitativos (Ribeiro et al., 2017; Bousoumah et al., 2021).

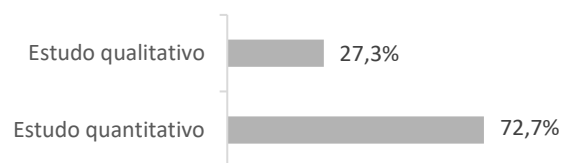


Figura 3.2 – Métodos de estudo  
 Fonte: Elaborado pelo autor

Relativamente ao género da população da amostra estudada, é possível observar na (Tabela 3.3), que não foi possível quantificar a totalidade de trabalhadores quanto ao género, uma vez que (9 em 11) estudos não apresentavam essa informação. Contudo, dos dados obtidos verifica-se, que a amostra estudada é maioritariamente, constituída por trabalhadores do género masculino (n=800), apresentando o género feminino resultados apenas em (2 de 11) estudos com apenas (n>14) trabalhadoras (Heinala et al., 2017; Dematteo et al., 2012).

No que respeita, aos contextos ocupacionais estudados, encontramos evidências de que existe exposição de trabalhadores ao BPA na indústria de produção de BPA, plásticos e resinas epóxi (Li et al., 2009; He et al., 2009; Dematteo et al., 2012; Hines et al., 2017; Ribeiro et al., 2017; Heinala et al., 2017; Bousoumah et al., 2021), representando também os três contextos ocupacionais mais investigados com 22 indústrias estudadas contra 2 de indústria de produção de tintas e 1 de papel térmico (Heinala et al., 2017).

Tabela 3.3 - Distribuição da população da amostra por género e tipo de indústria

Autor #	Género		Nº Indústria Produção		
	Masculino	Feminino	Plástico Resinas BPA	Tintas	Papel Térmico
1	230	na	4	0	0
2	167	na	4	0	0
3	na	?	1	0	0
4	na	na	0	0	0
5	221	na	4	0	0
6	77	na	6	0	0
7	na	na	2	0	0
8	na	na	0	0	0
9	35	14	0	2	1
10	70	na	1	0	0
11	na	na	0	0	0
<b>Total</b>	<b>800</b>	<b>&gt;14</b>	<b>22</b>	<b>2</b>	<b>1</b>

Legenda: |na = "não aplicável|

Quanto aos instrumentos de recolha de dados utilizados nos estudos, podemos observar na (Figura 3.3) que (4 em 11) estudos optaram por avaliar a exposição ao BPA, através de estudos de monitorização biológica aos trabalhadores, através de recolha de amostras de fluido biológico, urina, (He et al., 2009; Hines et al., 2017; Heinala et al., 2017; Kouidhi et al., 2016) seguindo-se (3 em 11) estudos de monitorização ambiental do ar no local de trabalho, através de análise de amostras de ar exalado junto dos trabalhadores (He et al., 2009; Heinala et al., 2017; Kouidhi et al., 2016) seguem-se (2 em 11) estudos de análise do nível de concentração de BPA em amostras de recibos de papel térmico (Rocha et al., 2015; Russo et al., 2017) e (2 em 11) estudos de revisão bibliográfica da literatura (Ribeiro et al., 2017; Bousoumah et al., 2021), por último com (1 em 11) o questionário e a entrevista respetivamente (Nnadozie & Ugwu, 2016; Li et al., 2009).

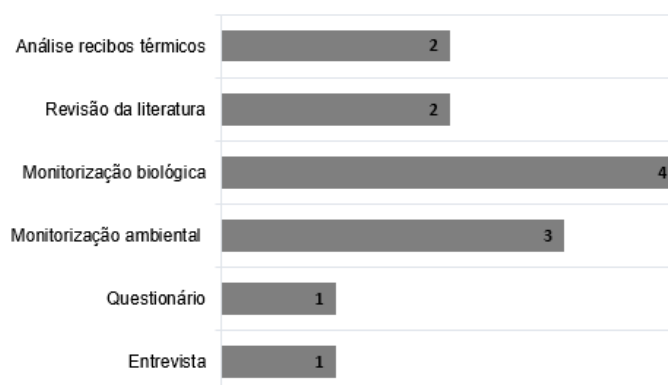


Figura 3.3 – Instrumentos de recolha de dados

Fonte: Elaborado pelo autor

Por fim, ao resumir os principais achados descritos na (Tabela 3.1), podemos perceber que:

- existe exposição a BPA nas indústrias de produção de BPA, resinas epóxi e plástico (He et al., 2009).
- a exposição ao BPA no local de trabalho aumenta significativamente o risco de disfunção sexual masculina (Li et al., 2009).
- os homens são os principais trabalhadores nas indústrias de produção de BPA, resinas epóxi e plástico (Li et al., 2009; He et al., 2009; (Nnadozie & Ugwu, 2016).
- a exposição a BPA é mais elevada quando existe manuseamento de BPA puro (Heinala et al., 2017).
- a exposição ocupacional das mulheres a produtos químicos incluindo BPA pode contribuir para o desenvolvimento do cancro da mama e problemas reprodutivos (Dematteo et al., 2012).
- os indivíduos ocupacionalmente expostos tem níveis mais elevados de BPA no organismo do que as populações ambientalmente expostas (Ribeiro et al., 2017).
- a matriz biológica mais utilizada para avaliar a exposição ocupacional ao BPA foi a urina (He et al., 2009; Hines et al., 2017; Heinala et al., 2017; Kouidhi et al., 2016).
- o biomarcador mais utilizado pelos artigos objeto de revisão para monitorizar a avaliação da exposição ao BPA foi o biomarcador de exposição, através da análise do BPA no ar exalado (monitorização ambiental) e da análise do BPA na urina (monitorização biológica) (He et al., 2009; Hines et al., 2017; Heinala et al., 2017; Kouidhi et al., 2016).
- os níveis de concentração de BPA detetados na urina de trabalhadores nos estudos realizados em 2017 nos EUA foi 70 vezes superior aos resultados obtidos em estudos anteriores realizados pela NIOSH em 2013-2014 (Hines et al., 2017).
- os recibos de papel térmico analisados apresentam evidência de concentrações de BPA (Rocha et al., 2015; Russo et al., 2017).
- os níveis de concentração de BPA nos recibos de papel térmico analisados em 2015 no Brasil foram superiores aos valores anteriormente reportados em outros países (Rocha et al., 2015).

## 4. Capítulo IV: Discussão

Segundo a Agência Europeia para a Segurança e a Saúde no Trabalho (OSHA) a gestão de resíduos é considerada uma das ocupações mais perigosas com uma taxa de doença 50% maior do que nos outros setores. Como existem evidências de que a exposição humana ao BPA é considerada generalizada e contínua (Varandas et al., 2014), e segundo informação da Iberdrola em 2020 a população mundial produziu mais de 500 milhões de toneladas de plástico, 900% a mais do que em 1980 e a indústria da reciclagem no âmbito da economia circular é vista como o caminho a seguir para evitar que em 2050 os oceanos possam conter mais plásticos do que peixes, elaborou-se o presente estudo. Como resultado, os 11 artigos incluídos neste estudo pretendem perceber se a indústria da gestão de resíduos (plástico e papel) pode implicar exposição ocupacional a BPA.

Relativamente aos artigos analisados, a maioria (5 em 11) são estudos realizados em empresas de países Asiáticos (China, Malásia e outro), sendo 3 estudos realizados, no continente americano, 1 no Canadá, 1 no Brasil e 1 nos EUA, na Europa foram realizados 2 estudos, 1 em Itália e 1 na Finlândia e no continente africano 1 estudo na Nigéria. Os resultados mostraram que, apesar de não se ter identificado nenhum artigo que reporte dados de exposição a BPA na indústria de gestão de resíduos de plástico e papel, outros estudos mostraram que a exposição ocupacional a BPA pode ocorrer em indústrias de produção de material que tende a ser reciclado, como por exemplo produção de BPA, resinas epóxi, e plástico (He et al., 2009; Heinala et al., 2017; Kouidhi et al., 2016; Cao et al., 2009). Considerando que bisfenol A é um monômero omnipresente, usado para agregar dureza e transparência aos plásticos de policarbonatos, resinas epóxi em papel térmico e em muitos outros produtos de consumo (European, 2011). É sabido que a maior exposição a BPA ocorre quando a substância é usada como matéria-prima (Bousoumah et al., 2021) e no seu estado puro (Heinala et al., 2017). Com esta pesquisa, foi possível observar que os trabalhadores de fábricas de tintas (líquidas e em pó), fabrica de papel térmico e de tratores podem apresentar níveis de concentração de BPA na urina superior à concentração da população em geral (Heinala et al., 2017). Outros estudos realizados em humanos relacionam a exposição ao BPA com o aparecimento de efeitos adversos para a saúde (Rochester, 2013). Neste estudo, foi possível observar que a exposição ocupacional a BPA no homem, aumenta significativamente o risco de disfunção sexual masculina (Li et al., 2009), e na mulher, pode contribuir para o desenvolvimento do cancro da mama e problemas reprodutivos (Dematteo et al., 2012). De acordo com Molina e colegas (2019) o papel térmico está presente em muitas áreas da vida quotidiana e contem na sua composição, pigmentos e compostos termo sensíveis, impregnados com uma substância química, reveladora de cor, o BPA, como resultado de 2 em 11 estudos foram detetados níveis de concentração de BPA e BPS em

recibos de papel térmico (Rocha et al., 2015; Russo et al., 2017), que podem, pelo contacto dérmico, ser absorvidos em pequenas quantidades para a corrente sanguínea PPRC, 2021. Pelo que, segundo Costa & Assis (2018), a solução não é o incentivo à reciclagem deste tipo de papel porque isso o mantém presente, representando um risco à exposição. Embora no presente estudo não tenha sido possível encontrar estudos que reportem dados sobre a exposição ocupacional ao BPA na indústria de gestão de resíduos de plástico e papel, contudo, pelos dados recolhidos nos 11 estudos, percebesse que existe exposição ocupacional em outros contextos ocupacionais (He et al., 2009; Cao et al., 2009). Pelo que, podemos deduzir que na indústria de gestão de resíduos de plástico e papel poderá implicar exposição ocupacional ao BPA. No entanto, considerou-se que o objetivo geral não foi totalmente alcançado o que comprometeu também o cumprimento da totalidade dos objetivos específicos. Podemos constar pelos resultados obtidos na (Tabela 3.1), assim como, em toda a pesquisa bibliográfica realizada, que não foram encontrados estudos relativos à exposição ocupacional a BPA no contexto da gestão de resíduos de plástico e papel o que condicionou os resultados do presente trabalho. Contudo, ainda foi possível identificar os métodos analíticos de avaliação da exposição ocupacional a BPA, para determinação do BPA no local de trabalho são respetivamente, o método do Departamento Americano de Segurança e Saúde Ocupacional, método OSHA Nº 1018, o método NIOSH 333 - HPLC - cromatografia Líquida de Alta Resolução com Detetor de UV (Gualame, 2016), o método alemão BGI Nº 505-75-01 e o método nacional chinês GBZ 159-2004, para a amostragem de ar no local de trabalho (He et al., 2009). Também é importante ressaltar que relativamente as etapas envolvidas na triagem dos resíduos de plástico e papel que podem implicar exposição a BPA, no estudo realizado por Ascue & Quispe (2017), foi constatado que a etapa da moagem e de aglomeração no processo de reciclagem de plástico, são as duas etapas que podem promover maior exposição dos trabalhadores a material particulado total, contudo não foram encontrados dados relativos a exposição a BPA no processo de reciclagem do papel. No entanto, para o Centro de Recursos da Prevenção da Poluição do Noroeste do Pacífico (PPRC) no seu site (<https://pprc.org/>), os papéis de recibo representam um risco potencial de alta exposição ao BPA por ingestão direta. A via dérmica e a via respiratória através da inalação de poeiras são as vias mais comuns de exposição a substâncias perigosas dos trabalhadores de tratamento de resíduos (Facts 84, 2009). Os trabalhadores podem ser expostos ao BPA por inalação ou contato com a pele durante a fabricação de BPA e de produtos contendo BPA (EPA, 2010). A legislação europeia estabelece uma hierarquia das medidas de controlo da exposição a serem tomadas sempre que um processo de avaliação de riscos revele a existência de riscos (Facts 33, 2003). Pelo que, relativamente à exposição a BPA, o estudo realizado por Ascue & Quispe (2017), em trabalhadores de resíduos de plástico foi recomendado a tomada de medidas de melhoria organizacionais e de infraestrutura do ambiente de trabalho, enquanto que o estudo realizado por He e colegas.,

(2009) à qualidade do ar, os autores identificaram medidas de engenharia, tais como, encapsulamento eficaz de equipamentos, melhorar o sistema de ventilação e aplicar sistemas de exaustão de ar nos locais onde foi detetada elevada concentração de BPA. Embora alguns objetivos não tenham sido possíveis de alcançar, mas face aos resultados obtidos, considerou-se a questão de investigação: Justifica-se estudar a exposição a BPA na indústria de gestão de resíduos de plástico? Atendida com sucesso.

## **5. Capítulo V: Considerações Finais**

Este capítulo é dedicado às conclusões, às limitações esperadas do estudo e a algumas sugestões para estudos futuros.

### **5.1 Conclusão**

Com base no presente estudo, podemos concluir, que não encontramos pesquisas relativas a exposição ocupacional ao BPA na indústria de reciclagem de plástico e papel. Contudo, obtivemos evidências de que existe exposição ocupacional a BPA na indústria de produção de BPA, resinas epóxi e plástico e evidências da presença de BPA em recibos de papel térmico. Pelo que, a avaliação da exposição ao BPA na indústria de gestão de resíduos de plástico e papel é extremamente importante.

Futuros investigadores devem considerar estudar a exposição ocupacional ao BPA nestes ambientes ocupacionais específicos.

### **5.2 Limitações do Estudo**

Uma das principais limitações do presente estudo prende-se com a ausência de artigos publicados referentes à exposição a BPA na indústria de reciclagem do plástico e papel. Limitou fortemente em termos de revisão de literatura e a nível de comparação de resultados. A segunda limitação está relacionada com um critério de elegibilidade, as palavras-chave definidas para o estudo. Este critério poderá ter ocultado artigos originais por serem muito específicas.

### **5.3 Sugestões para Estudos Futuros**

Para efeitos de pesquisas futuras, identifica-se a necessidade de serem realizados estudos que visem a avaliação da exposição ocupacional a BPA na indústria de reciclagem de plástico e papel. Adicionalmente, seria também importante que as entidades empregadoras desenvolvam medidas de engenharia e coletivas para proteger os trabalhadores e as entidades governamentais deveriam considerar, implementar medidas estratégicas a montante, estendendo a proibição de uso de BPA a outros produtos de bens de consumo, para além dos produtos para bebés, crianças, lactantes e papel térmico.

### **5.4 Considerações Éticas e Legais**

Considerações éticas e legais não se aplicam a este estudo.

## Referências

- Almeida, S., Raposo, A., Almeida-Conzález, M., & Carrascosa, C. (2018). Bisphenol A: Food Exposure and Impact on Human Health. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. Doi.org/10.1111/1541-4337.12388.
- Almeida, T. et al, (2016). Guia geral para o controlo da exposição a agentes químicos. Obtido de [http://www1.ipq.pt/PT/Normalizacao/FerramentasPME/Documents/Guia\\_Quimicos\\_Web.pdf](http://www1.ipq.pt/PT/Normalizacao/FerramentasPME/Documents/Guia_Quimicos_Web.pdf)
- Amorim, L. (2003). Os biomarcadores e a sua aplicação na avaliação da exposição aos agentes químicos ambientais. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, 158-170. Obtido em <https://www.scielo.br/j/rbepid/a/KBS5JKwWw9CfhPT5MTfpbQv/?lang=pt>.
- Ascue, J. D., & Quispe, W. B. (2017). Análises de riesgos de la seguridad e higiene ocupacional durante el manejo de residuos sólidos y reciclaje de plástico de polietileno . *Producción + Limpa*. Obtido de <http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v12n1/1909-0455-pml-12-01-00063.pdf>.
- Azapagic, A., & et al. (2003). *Polymers, the Environment and sustainable developent*. Inglaterra: John Wiley & Sons Ltd. ISBN: 978-0-471-87740-0.
- Berglund, M., Elinder, C., & Jarup, L. (2001). *Human exposure assessment - An introduction*. Genebra: World Health organization. Obtido em [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/70570/WHO\\_SDE\\_OEH\\_01.3\\_eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/70570/WHO_SDE_OEH_01.3_eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- Bernardo, P. E., Navas, S. A., Murata, L. T., & Alcântara, M. R. (2015). Bisfenol A: o uso em embalagens para alimentos, exposição e toxicidade - Uma Revisão. Obtido de <https://docs.bvsalud.org/biblioref/ses-sp/2015/ses-32088/ses-32088-5946.pdf>
- Bevan, R., Brown, T., Matthies, F., Sams, C., Jones, K., Hanlon, J., & La Vedrine, M. (2017). Human biomonitoring data collection from occupational exposure to pesticides - external scientific report. EFSA supporting publication, 1-207. Obtido de [https://www.hbm4eu.eu/wp-content/uploads/2017/09/Bevan\\_et\\_al-2017-EFSA\\_Supporting\\_Publications-HBM-data-on-occupa-exp-to-pesticides.pdf](https://www.hbm4eu.eu/wp-content/uploads/2017/09/Bevan_et_al-2017-EFSA_Supporting_Publications-HBM-data-on-occupa-exp-to-pesticides.pdf).
- Bousoumah, R., Leso, V., Lavicoli, I., Huuskonen, P., Viegas, S., Porras, S., . . . Ndaw, S. (2021). Biomonitoring of occupational exposure to bisphenol A, bisphenol S and

bisphenol F: A systematic review. Doi:10.1016/j.scitotenv.2021.146905

Braskem. (2002). Boletim Técnico nº 8 PVC. Braskem. Obtido de [https://www.braskem.com/Portal/Principal/Arquivos/html/boletm\\_tecnico/Glossario\\_d\\_e\\_termos\\_aplicados\\_a\\_polimeros.pdf](https://www.braskem.com/Portal/Principal/Arquivos/html/boletm_tecnico/Glossario_d_e_termos_aplicados_a_polimeros.pdf).

Brognoli, R. (2006). Desenvolvimento da Qualidade na reciclagem de Plásticos. Brasil: SENAI. Obtido de [http://www.resol.com.br/textos/qualidade\\_na\\_reciclagem\\_de\\_plasticos.pdf](http://www.resol.com.br/textos/qualidade_na_reciclagem_de_plasticos.pdf).

Calleja, D. (2019). Why the "New Plastics Economy" must be a circular economy. Facts reports/5123. Obtido de <https://journals.openedition.org/factsreports/5123>

Cao, X.-L., Corriveau, J., & Popovic, S. (2009). Levels of Bisphenol A in Canned Soft Drink Products in Canadian Markets. Journal of Agricultural and Food Chemistry. Doi 10.1021/jf803213g

Cerqueira, G. D. (2018). Determinação de Plastificantes e seus metabólitos em urina e saliva por HF-LPME:GC/MS para estudos de exposição odontológica. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais. Obtido de <http://hdl.handle.net/1843/SFSA-AY6NCP>

Chemsec. (2021). What goes around - Enabling the circular economy by removing chemical roadblocks. International Chemical secretariat. Obtido de [https://chemsec.org/app/uploads/2021/02/What-goes-around\\_210223.pdf](https://chemsec.org/app/uploads/2021/02/What-goes-around_210223.pdf).

Cherrie, J., Semple, S., Christopher, Y., Saleem, A., Hughson, G., & Philips, A. (2006). How Important is Inadvertent Ingestion of Hazardous Substances at Work? The Annals of Occupational Hygiene. pp. 693-704. Doi: 10.1093/annhyg/mel035.

Cioca, L. I., Ferronato, N., Viotti, P., Magaril, E., Ragazzi, M., Trretta, V., & Rada, E. C. (2018). Risk Assessment in a Materials Recycling Facility: Perspectives for Reducing Operational Issues. MDPI. <https://doi.org/10.3390/resources7040085>.

Costa, A. C. (2013). Análise da substituição de polímeros convencionais por polímeros biodegradáveis - um estudo de caso. Fundação de ensino Eurípides Soares da Rocha - Marília. Obtido de <https://aberto.univem.edu.br/bitstream/handle/11077/1035/Ana%20Carolina%20Perini%20Costa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Costa, G. A., & Assis, C. M. (2018). Papel Térmico: Panorama e desafios para a sua

- substituição. Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais. Obtido em <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2018/III-032.pdf>.
- Cunha, S. C., & Fernandes, J. O. (2010). Quantification of free and total bisphenol A and bisphenol B in human urine by dispersive liquid-liquid microextraction (DLLME) and heart-cutting multidimensional gas chromatography-mass spectrometry (MD-GC/MS). Obtido de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21035651/>
- Decreto-Lei Nº 290/2001 de 16 de novembro 1ª Série-A - regras de proteção dos trabalhadores contra os riscos de exposição a agentes químicos.
- Decreto-Lei Nº 178/2006 de 5 de novembro - Regime geral de gestão de resíduos.
- Decreto-Lei Nº 73/2011 de 17 de setembro 3ª alteração - Regime geral da gestão de resíduos.
- Dematteo, R., Brophy, J. T., Kelth, M. M., & Watterson, A. (2012). Chemical exposures of women workers in the plastics industry with particular reference to Breast cancer and reproductive hazards. *New Solutions a Journal of environmental and occupational health Policy*. Doi: 10.2190/NS.22.4.d.
- DGS. (2018). Guia técnico Nº 2. Vigilância da saúde dos trabalhadores expostos a agentes químicos cancerígenos, mutagênicos ou tóxicos para a reprodução. Obtido em <https://ordemosmedicos.pt/wp-content/uploads/2018/06/Guia-T%C3%A9cnico-n.%C2%BA-2-.pdf>.
- Diamanti- Kandarakis, E., Bourguignon, J., Giudice, L., Hauser, R., Prins, G., Soto AM, . . . Gore, A. (2009). Endocrinedisrupting chemicals: an endocrine society scientific statement. *Endocrine reviews*, pp. 30:293-342.
- Donato, H., & Donato, M. (2019). Stages for under taking a systematic review. *Acta médica portuguesa*. <https://doi.org/10.20344/amp.11923>.
- ECHA. (2012). Guia de orientação para monómeros e polímeros. Obtido de [https://echa.europa.eu/documents/10162/23036412/polymers\\_pt.pdf/9140497c-cc03-47a9-95fd-60bd0652645f](https://echa.europa.eu/documents/10162/23036412/polymers_pt.pdf/9140497c-cc03-47a9-95fd-60bd0652645f).
- ECHA. (s.d.). Obtido de Bisfenol-A: <https://echa.europa.eu/pt/hot-topics/bisphenol-a>
- ECHA, & echa. (2020). The use of bisphenol A and its alternatives in thermal paper in the EU during 2014-2022. doi.10.2823/592282.
- EEA Report. (2016). Developing the knowledge base. Circular economy in europe nº2. Obtido

de <https://www.eea.europa.eu/publications/circular-economy-in-europe>.

EPA. (2010). Bisphenol A action plan. U.S. Environmental protection agency. Obtido em [https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-09/documents/bpa\\_action\\_plan.pdf](https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-09/documents/bpa_action_plan.pdf).

EPA, U.S. (2014). Bisphenol A Alternatives in thermal paper. Final Report. Obtido de [https://www.epa.gov/sites/default/files/2014-05/documents/bpa\\_final.pdf](https://www.epa.gov/sites/default/files/2014-05/documents/bpa_final.pdf)

ESE, E. (maio de 2021). Hormones in European health policies: How endocrinologists can contribute towards a healthier Europe. European society of endocrinology white paper. Obtido de [https://www.es-e-hormones.org/media/3220/ese-white-paper\\_04052021-web.pdf](https://www.es-e-hormones.org/media/3220/ese-white-paper_04052021-web.pdf).

Esteban, M., & Castano, A. (2009). Non-invasive matrices in human biomonitoring: a review. Doi: 10.1016/j.envint.2008.09.003.

EURAR. (2008). European Union Risk assessment report - EURAR. Obtido em <https://echa.europa.eu/documents/10162/d1d9e186-4385-4595-b6cb-5a1a7a160f07>

European Commission. (2011). Plastic waste: Ecological and human health impacts. Science for environment policy. Obtido de [https://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/pdf/IR1\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/pdf/IR1_en.pdf)

Facts 33 (2003). OSHA. Na introduction to dangerous substances in the workplace. Obtido de file <https://osha.europa.eu/en/publications/factsheet-33-introduction-dangerous-substances-workplace/view>

Facts 84 (2009). OSHA. Previsões de peritos sobre os riscos químicos emergentes relacionados com a segurança e a saúde no trabalho. Obtido de <https://osha.europa.eu/pt/publications/factsheet-84-expert-forecast-emerging-chemical-risks-related-occupational-safety-and>.

Faria, F. P. (2011). A reciclagem de plástico a partir de conceitos de produção mais limpa. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Doi: <https://doi.org/10.15675/gepros.v0i3.534>.

Faria, I. P. (2007). Estudos de Migração do Bisfenol A em Biberões - Tese de Mestrado. Faculdade de Farmácia - Universidade de Lisboa. Obtido em <http://hdl.handle.net/10451/235>.

Ferreira, N. (2012). Análise e avaliação de riscos ocupacionais numa unidade de valorização

na empresa "A Socorsul". Obtido de <http://hdl.handle.net/10362/8549>.

Flint, S., Markle, T., Thompson, S., & Wallace, E. (2012). Bisphenol A exposure, effects, and policy: A wildlife perspective. *Journal of Environmental Management*. pp. 104, 19-34. Obtido de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22481365/>.

Foundation, E. M. (2016). *The new plastic economy. Rethinking the future of plastics.* (E. M. Foundation, Ed.) pp. 1-36. Obtido de [https://www.newplasticseconomy.org/assets/doc/EllenMacArthurFoundation\\_TheNewPlasticsEconomy\\_Pages.pdf](https://www.newplasticseconomy.org/assets/doc/EllenMacArthurFoundation_TheNewPlasticsEconomy_Pages.pdf)

Freitas (2011). *Segurança e Saúde do Trabalho*. Lisboa: Edições Sílabo. 2ª Edição. ISBN: 978-972-618-618-2

Garcia, J., Gallego, C., & F., C. (2015). Toxicidad del Bisfenol A: Revisión. Obtido de <http://rev.aetox.es/wp/wp-content/uploads/hemeroteca/vol32-2/vol%2032-2-144-160.pdf>

Genuis, S. J., Beesoon, S., Birkholz, D., & Lobo, R. A. (2011). Human Excretion of Bisphenol A: Blood, Urine, and Sweat (BUS) Study. Obtido de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3255175/>

Gil & Hernández. (2009). Significance of biochemical markers in applied toxicology. <https://doi.org/10.1002/9780470744307.gat179>.

Grandjean & Herz (2011). Methylmercury and brain development: imprecision and underestimation of developmental neurotoxicity in humans. *The moun sinai journal of medicine*, 78 (1), pp. 107-118. Obtido de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9780470744307.gat179>.

Gualame, R. (2016). *SGS - Resumo dos Métodos*. SGS. Obtido de <https://www.sgsgroup.com.br/~media/Local/Brazil/Documents/Technical%20Documents/Technical%20Guidelines%20and%20Policies/SGSOIL4709SAMBRENVFD10042013VxxResumoMet.pdf>.

Hanjoka, N., Takeda, Y., Tanaka-Kagawa, & et. al. (2008). Interaction of bisphenol A with human UDP-glucuronosyltransferase 1A6 enzyme. *Environmental Toxicology*. Doi:10.1002/tox.20345.

Harmanci, N. Y., & Yemis, F. (2020). An Overview of analytical methods for bisphenol A.

- Pakistão: Pakistan Journal of Analytical & Environmental chemistry. doi: <http://dx.doi.org/10.21743/pjaec/2020.12.19>
- He, Y., Miao, M., Wu, C., Yuan, W., Gao, E., Zhou, Z., & Li, D.-K. (2009). Occupational exposure levels of bisphenol A among chinese workers. Journal of occupational Health. Obtido de doi: 10.1539/joh.o9006.
- Heinala, M., Ylinen, K., Tuomi, T., Santonen, T., & Porras, S. P. (2017). Assessment of occupational exposure to bisphenol A in five different production companies in Finland. Oxford University Press. Doi: 10.1093/annweh/wxw006.
- Hines, C. (2017). Occupational exposure to bisphenol A (BPA) in US manufacturing companies. Obtido de <https://blogs.cdc.gov/niosh-science-blog/2017/01/05/bpa/>.
- Hines, C. J., Jackson, M. V., Deddens, J. A., Clark, J. C., Ye, Y., Christianson, A. W., . . . Calafat, A. M. (2017). Urinary Bisphenol A (BPA) concentrations among workers in industries that manufacture and use BPA in the USA. Annals of work Exposures and Health. doi:doi: 10.1093/annweh/wxw021
- Hormann, A. M., & et al. (2014). Holding thermal receipt paper and eating food after using hand sanitizer results in high serum bioactive and urine total levels of bisphenol A (BPA). doi: 10.1371/journal.pone.0110509.
- Hrebynyuk, N. (2010). Reciclagem e reutilização de matérias plásticas em Portugal: passado, presente e futuro numa visão global. Universidade de Évora. Obtido de <http://hdl.handle.net/10174/15201>.
- Inácio, T. R. (2018). *Bisfenóis (A, B, F, E, S, Af, Z) em alimentos embalados em plástico e enlatados: análise, ocorrência e toxicidade*. Faculdade de ciências da universidade do Porto. Obtido de [https://sigarra.up.pt/fcup/pt/pub\\_geral.pub\\_view?pi\\_pub\\_base\\_id=279823](https://sigarra.up.pt/fcup/pt/pub_geral.pub_view?pi_pub_base_id=279823)
- INFOSAN. (2009). Bisfenol A (BPA) - Estado atual de los conocimientos y medida futura de la OMS y la FAO. Obtido de [https://www.who.int/foodsafety/fs\\_management/No\\_05\\_Bisphenol\\_A\\_Nov09\\_sp.pdf](https://www.who.int/foodsafety/fs_management/No_05_Bisphenol_A_Nov09_sp.pdf).
- Khan, N. G., Correia, J., Adiga, D., Rai, P. S., Dsouza, H. S., Chakrabarty, S., & Kabekkodu, S. P. (2021). Comprehensive review on the carcinogenic potencial of bisphenol A: clues and evidence. Obtido de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33666848/>
- Koehler. (s.d.). Koehler thermal paper. Product information thermal paper. Koehler. Obtido em

[https://www.koehlerpaper.com/media/docs/en/product-information/thermo/Thermo-Produktbroschuere\\_GB.pdf](https://www.koehlerpaper.com/media/docs/en/product-information/thermo/Thermo-Produktbroschuere_GB.pdf)

Kouidhi, W., Thannimalay, L., Soon, C. S., & Mohd, M. A. (2016). Occupational exposure to bisphenol A (BPA) in a Plastic injection molding factory in malaysia. *Occupational Medicine and Environmental Health*. Doi: <https://doi.org/10.13075/ijomeh.1896.00917>.

Kurebayashi, H., Betsui, H., & Ohno, Y. (2003). Disposition of a low dose of <sup>14</sup>C-bisphenol A in male rats and its main biliary excretion as BPA glucuronide. Obtido de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12700409/>

Lee, T., Nilawat, T., & Romano, C. (2016). Chemical Mixtures in the Environment: Endocrine Disruption Properties of Phthalates and BPA. Obtido em <https://www.csun.edu/sites/default/files/Chemical%20Mixtures%20in%20the%20Environment-%20Endocrine%20Disruption%20Properties%20of%20Phthalates%20and%20BPA.pdf>.

Lei nº 3 de 28 de janeiro de 2014 1ª Série-A - regime jurídico da promoção da segurança e saúde no trabalho.

Letras (2008). Dissertação de Mestrado - Reciclagem de plásticos: Identificação de contaminantes e estratégias de valorização dos resíduos industriais. Lisboa: Universidade Nova de Lisboa. Obtido de [https://run.unl.pt/bitstream/10362/1398/1/Letras\\_2008.pdf](https://run.unl.pt/bitstream/10362/1398/1/Letras_2008.pdf).

Li, D., Zhou, Z., Qing, D., He, Y., Wu, T., Miao, M., . . . Yuan, W. (2009). Occupational exposure to bisphenol-A (BPA) and the risk of Self-Reported male sexual dysfunction. *Oxford University*. <https://doi.org/10.1093/humrep/dep381>.

Lorber, M., Schechter, A., Paepke, O., Shroshire, W., Christensen, K., & Birnbaum, L. (2015). Exposure assessment of adult intake of bisphenol A (BPA) with emphasis on caanned food dietary exposure. (77), pp. 55-62. doi:10.1016/j.envint.2015.01.008

Manikkam, M., Guerrero-Bosagna, C., Tracey, R., & Skinner, M. K. (2012). Transgenerational actions of environmental compounds on reproductive disease and identification of epigenetic biomarkers of ancestral exposures. Doi:10.1371/journal.pone.0031901

Manno, M., Sito, F., & Licciardi, L. (2014). Ethics in biomonitoring for occupational health. Doi: 10.1016/j.toxlet.2014.10.004.

- Manno, M., Viau, C., Cocker, J., Colosio, C., Lowry, L., Mutti, A., . . . Wang, S. (2010). Biomonitoring for occupational health risk assessment (BOHRA). *Toxicology letters*. doi: 10.1016/j.toxlet.2009.05.001.
- Markit, I. (2016). Polycarbonate resins. IHS Markit Chemical economics handbook. Obtido em <https://ihsmarkit.com/products/polycarbonate-resins-chemical-economics-handbook.html>
- Markit, I. (2020). Bisphenol A. Chemical economics handbook. Obtido em <https://ihsmarkit.com/products/bisphenol-chemical-economics-handbook.html>
- Mendum, T., Stoler, E., & et al. (2011). Concentration of bisphenol A in thermal paper. *Green chemistry letters and reviews*, pp. 81-86. Obtido em <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/17518253.2010.502908?needAccess=true>
- Meneses, M. F. (2018). Estudo da exposição ocupacional à mistura de solventes orgânicos e dos efeitos para a saúde - Estudo de caso numa indústria química portuguesa. Instituto Politécnico de Lisboa. Obtido em <http://hdl.handle.net/10400.21/10197>.
- Mikolajewska, K., Stragierowicz, J., & Gromadzinska, J. (2015). Bisphenol A - Application, sources of exposure and potencial risks in infants, children and pregnant women. *International journal of occupational medicine and environmental health* V. 28, n. 2, pp. 209-241. doi: 10.13075/ijomeh.
- Molina-Molina, J., Jiménez-Díaz, I., Fernández, M., Rodríguez-Carrillo, A., Peinado, F., Mustieles, V., . . . Freire, C. (March de 2019). Determination of bisphenol A and bisphenol S concentrations and assessment of estrogen and anti-androgen-like activities in thermal paper receipts from Brazil, France, and Spain. *Environmental research* Volume 170, pp. 406-415. doi.10.1016/j.envres.2018.12.046.
- Monteiro, D. A. (2012). Sistema de reciclagem de garrafas de plástico para o centro de ciência viva de Guimarães. Minho: Universidade do minho. Obtido de <http://hdl.handle.net/1822/34035>.
- MS. (2012). Diretrizes metodológicas - elaboração de revisão sistemática e metanálise de ensaios clínicos randomizados. Série A. Normas e Manuais Técnicos, p. 13. Obtido de [https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/diretrizes\\_metodologicas\\_elaboracao\\_sistemica.pdf](https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/diretrizes_metodologicas_elaboracao_sistemica.pdf).

- Neves, T. E. (2015). Tese de mestrado - Contribuições para a valorização de resíduos de plástico. Leiria: Instituto Politécnico de Leiria. Obtido de <http://hdl.handle.net/10400.8/3097>.
- Nnaji-Ihedinmah, N. C., & Ugwu, K. E. (2016). Evaluating occupational health and safety Management in Selected Plastics Manufacturing organizations in Awka Metropolis Nigeria. Nnamdi Azikiwe University. Doi:10.12816/0037252.
- Norma Portuguesa NP 1796:2014. Segurança e saúde do trabalho. Valores-limite e índices biológicos de exposição profissional a agentes químicos.
- NRC, N. (2003). Occupational Health and safety in the care and use of nonhuman primates. The national academies press washington, EUA. Obtido em <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK43451/>.
- Ohore, O. E., & Zhang, S. (2019). Endocrine disrupting effects of bisphenol A exposure and recent advances on its removal by water treatment systems. Scientific African. doi.org/10.1016/j.sciaf.2019.e00135.
- OIT. (2013). A segurança e a saúde na utilização de produtos químicos no trabalho. Organização internacional do trabalho. Obtido em [https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---europe/---ro-geneva/---ilo-lisbon/documents/publication/wcms\\_714590.pdf](https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---europe/---ro-geneva/---ilo-lisbon/documents/publication/wcms_714590.pdf).
- OSHA. (2009). Expert forecast on emerging chemical risks related to occupational safety and health. Obtido de <https://osha.europa.eu/en/publications/report-expert-forecast-emerging-chemical-risks-related-occupational-safety-and-health>.
- Perez, M. Â. (2012). O bisfenol A e as legislações para contato com alimentos. Boletim de tecnologia e desenvolvimento de embalagens. Obtido de [https://ital.agricultura.sp.gov.br/arquivos/cetea/informativo/v24n2/v24n2\\_artigo2.pdf](https://ital.agricultura.sp.gov.br/arquivos/cetea/informativo/v24n2/v24n2_artigo2.pdf)
- Pinhal, H., & INSA. (s.d.). Monitorização biológica a agentes químicos em estabelecimentos de saúde. Instituto nacional de saúde Doutor Ricardo Jorge. Obtido de <http://hdl.handle.net/10400.18/3246>.
- Prista, J., & Uva, A. S. (2006). A utilização de indicadores biológicos em saúde ocupacional. Revista portuguesa de saúde pública. Obtido de <https://run.unl.pt/bitstream/10362/17031/1/RUN%20-%20RPSP%20-%202006%20-%20V.%20Tematico%20n6a04%20-%20p.45-54.pdf>

Regulamento (UE) 2016/1179 da comissão de 19 de julho de 2016.

Ribeiro, E., Ladeira, C., & Viegas, C. (2017). Occupational Exposure to Bisphenol A (BPA): A Reality That Still Needs to Be Unveiled', *Toxics*. Obtido de <http://hdl.handle.net/10400.21/7378>

Rocha, B. A., Azevedo, L. F., Gallimberti, M., Campiglia, A. D., & Jr., F. B. (2015). High Levels of bisphenol A and Bisphenol S in Brazilian thermal paper receipts and estimation of daily exposure. *Journal of toxicology and environmental health, Part A*. doi:doi: 10.1080/15287394.2015.1083519.

Rocha & Mendes (2019). Food contact materials - Plastic in Food: a Threat? *Acta Portuguesa de Nutrição*. Obtido em <https://actaportuguesadenutricao.pt/wp-content/uploads/2019/07/n17a05.pdf>

Rocha & Neves (2019). *Higiene ocupacional sem fronteiras (1ª ed.)*. Leiria: ASVDS. ISBN: 978-989-54590-5-6.

Rochester, J. (2013). Bisphenol A and human health: a review of the literature. *Reproductive Toxicology*. Doi: 10.1016/j.reprotox.2013.08.008.

Routledge, E., White, R., Parker, M., & Sumpter, J. (2000). Differential effects of xenoestrogens on coactivator recruitment by estrogen receptor (ER)  $\alpha$  and ER $\beta$ . doi:10.1074/jbc.M006777200.

Russo, G., Barbato, F., & Grumetto, L. (2017). Monitoring of bisphenol A and bisphenol S in thermal paper receipts from the Italian market and estimated transdermal humans intake: A pilot study. *Journal Science of the total Environment*. doi:10.1016/j.scitotenv.2017.04.192.

Salamanca-Fernández, E., Rodríguez-Barranco, M., Amiano, P., Delfrade, J., Chirlaque, M. D., Colorado, S., . . . Sánchez, M.-J. (2021). Bisphenol-A exposure and risk of breast and prostate cancer in the Spanish European Prospective Investigation into cancer and Nutrition study. *Environmental Health*. Obtido de <https://doi.org/10.1186/s12940-021-00779-y>.

Santos, L. R. (2009). *Avaliação da eficiência da separação de plásticos de resíduos sólidos urbanos por métodos de dissolução selectiva - Tese de mestrado*. Universidade do Minho. Obtido de <http://hdl.handle.net/1822/10739>.

Segurança, R. (nov/dez de 2017). O panorama atual dos valores limite de exposição dos

- agentes químicos cancerígenos. Revista segurança nº241. Obtido em <https://revistaseguranca.pt/2018/01/01/o-panorama-atual-dos-valores-limite-de-exposicao-dos-agentes-quimicos-cancerigenos/>.
- Semple, S. (2005). Assessing occupational and environmental. Occupational Medicine. pp. 419-424. doi:10.1093/occmed/kqi135.
- Senci, R. S. (2015). Efeitos do Bisfenol A: um desregulador endócrino. Fundação educacional do município de Assis. Obtido de <https://cepein.femanet.com.br/BDigital/arqTccs/1211360341.pdf>.
- Silins, I., & Hogberg, J. (2011). Combined toxic exposures and human health: biomarkers of exposure and effect. International journal of environmental research and public health, 629-647. Obtido de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3083662/>.
- Silva, F. (2016). Exposição profissional a agentes químicos - teoria e prática. Centro tecnológico da cerâmica e do vidro. Obtido de <https://1library.org/document/ynp1ge1z-exposicao-profissional-a-agentes-quimicos-teoria-e-pratica.html>.
- Silva, M. A. (2016). Avaliação na neurotoxicidade do Bisfenol A em cultura primária de hipocampo. Universidade de São Paulo. doi 10.11606/D.9.2016.tde-04102016-152552
- Silva, P. N. (2018). Metodologia de dosagem do bisfenol A em líquidos biológicos humanos - Revisão Bibliográfica. Niterói: Universidade Federal Fluminense. Obtido de <https://app.uff.br/riuff/handle/1/13138>
- Spinacé, M. A., & Paoli, M. A. (2005). A tecnologia da reciclagem de polímeros. Universidade Estadual de Campinas. Obtido de <https://www.scielo.br/j/qn/a/bTLkNHWGnpsj4SWWjgLB49L/?lang=pt>.
- Swaminathan, V. (2011). Occupational health and safety in chemical industries in transitional economies. Indian Journal of Occupational and Environmental Medicine. Obtido em [https://pdfs.semanticscholar.org/2aa4/7b6838d7e1483c9a3476a600da181d1cc299.pdf?\\_ga=2.88365915.159097411.1633339961-1873437597.1632679433](https://pdfs.semanticscholar.org/2aa4/7b6838d7e1483c9a3476a600da181d1cc299.pdf?_ga=2.88365915.159097411.1633339961-1873437597.1632679433)
- Tsai, W. (2006). Human health risk on environmental exposure to bisphenol-A: A review. Journal of environmental carcinogenesis & ecotoxicology reviews, pp. 225-255. doi: 10.1080/10590500600936482.
- V. Mustieles, e. a. (November de 2020). Bisphenol A and its analogues: A comprehensive

review to identify and prioritize effect biomarkers for human biomonitoring. *Environment International* 144. Obtido de <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105811>

Vandenberg, L. N., Chahoud, I., Heindel, J. J., Padmanabhan, V., Paumgartten, F. J., & Schoenfelder, G. (2010). Urinary, Circulating, and Tissue Biomonitoring Studies Indicate Widespread Exposure to Bisphenol A. Obtido de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2920080/>

Varandas, E. R., Pereira, H. S., Viegas, W., & Delgado, M. (2014). Efeitos do xenoestrógeno Bisfenol A no envelhecimento celular. Instituto superior de agronomia; Escola superior de tecnologia da saúde de lisboa. Obtido de <https://repositorio.ipl.pt/bitstream/10400.21/5400/1/Efeitos%20do%20xenoestr%C3%B3geneo%20Bisfenol%20A%20no%20envelhecimento%20celular.pdf>

Watson, W., & Mutti, A. (2004). Role of biomarkers in monitoring exposures to chemicals: present position, future prospects. *Biomarkers*, 211-242. <https://doi.org/10.1080/13547500400015642>.

WHO. (2015). Human Biomonitoring: facts and figures. Obtido de <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/164588/WHO-EURO-2015-3209-42967-60040-eng.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Yalcin, E., Kulkarni, S., Slitt, A., & et.al. (2016). Bisphenol A sulfonation is impaired in metabolic and liver disease. *Toxicol appl pharmacology*. Doi: 10.1016/j.taap.2015.12.009.