

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE MEDICINA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM NUTRIÇÃO

DRIELE LEÃO EBLING

**Embalagens plásticas para alimentos: avaliação do uso de
materiais preocupantes do ponto de vista toxicológico em
um hospital do Rio Grande do Sul**

PORTO ALEGRE
2024

DRIELE LEÃO EBLING

Embalagens plásticas para alimentos: avaliação do uso de materiais preocupantes do ponto de vista toxicológico em um hospital do Rio Grande do Sul

Trabalho de conclusão de Curso de Graduação apresentado como requisito parcial para obtenção de grau em bacharel em Nutrição, à Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Medicina.

Orientadora: Profa. Dra. Juliane Elisa Welke

PORTO ALEGRE
2024

CIP - Catalogação na Publicação

Ebling, Driele Leão

Embalagens plásticas para alimentos: avaliação do uso de materiais preocupantes do ponto de vista toxicológico em um hospital do Rio Grande do Sul / Driele Leão Ebling. -- 2024.

76 f.

Orientadora: Profa. Dra. Juliane Elisa Welke.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Medicina, Curso de Nutrição, Porto Alegre, BR-RS, 2024.

1. Plástico. 2. Embalagem. 3. Alimentação. I. Welke, Profa. Dra. Juliane Elisa, orient. II. Título.

DRIELE LEÃO EBLING

Embalagens plásticas para alimentos: avaliação do uso de materiais preocupantes do ponto de vista toxicológico em um hospital do Rio Grande do Sul

Trabalho de conclusão de Curso de Graduação apresentado como requisito parcial para obtenção de grau em bacharel em Nutrição, à Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Medicina.

Aprovado em: ____ de _____ de _____.

BANCA EXAMINADORA

Dr. Flávio Fonseca Veras – UFRGS

Prof. Dr. Virgílio José Strasburg – UFRGS

Profa. Dra. Juliane Elisa Welke - UFRGS (orientadora)

RESUMO

A crescente utilização de embalagens plásticas tem se manifestado de forma expressiva em escala mundial e o segmento alimentício figura como o segundo maior consumidor dessas embalagens. No contexto hospitalar, as embalagens plásticas descartáveis são adotadas em diversos contextos pelos Serviços de Nutrição e Dietética (SND). Entretanto, o processo de migração de substâncias tóxicas das embalagens para os alimentos constitui uma preocupação relevante no que concerne à segurança dos alimentos. Essa inquietação instigou a realização desse estudo de caso, de caráter descritivo, desenvolvido no SND de um hospital do Rio Grande do Sul. O objetivo deste estudo foi avaliar a utilização de embalagens plásticas produzidas a partir de materiais que apresentam preocupações sob o ponto de vista toxicológico. A pesquisa trouxe dados referentes ao uso de diferentes tipos embalagens de alimentos. Dentre elas, algumas se destacam devido ao tipo de polímero que pode lixiviar substâncias: os potes e copos feitos em poliestireno expandido (EPS), usados para envasar sopas e cafés com leite, principalmente, cuja média permeia as quantidades de 404 e 1268 unidades por dia, respectivamente; e o plástico filme a base de policloreto de vinila (PVC) usado para embalar frutas, pães, frios e pizzas, além da vedação de recipientes destinados ao cozimento de frutas no micro-ondas. Como agravante, o alto teor de gordura presente nos alimentos e a exposição a elevadas temperaturas nesses utensílios descartáveis, seja por meio de aquecimento ou de reaquecimento, podem potencializar ainda mais a transferência dos componentes da embalagem para os alimentos. Diante desse panorama, é essencial revisar e adaptar os procedimentos relacionados ao uso dessas embalagens, além de capacitar as equipes e os grupos envolvidos no sentido de fomentar a conscientização ambiental, a sustentabilidade e a segurança dos alimentos.

Palavras-chave: Plástico. Embalagem. Alimentação.

ABSTRACT

The growing use of plastic packaging has been significantly evident on a global scale, with the food industry ranking as the second largest consumer of such packaging. In the hospital context, disposable plastic packaging is adopted in various settings by the Nutrition and Dietetics Services (NDS). However, the process of migration of toxic substances from the packaging to the food constitutes a relevant concern regarding food safety. This concern prompted the conduct of this descriptive case study, carried out in the NDS of a hospital in Rio Grande do Sul. The objective of this study was to evaluate the use of plastic packaging produced from materials that raise toxicological concerns. The research collected data regarding the use of different types of food packaging. Among them, some stand out due to the type of polymer that can leach substances: containers and cups made of expanded polystyrene (EPS), used to package soups and milk coffees, with average quantities of 404 and 1268 units per day, respectively; and plastic film based on polyvinyl chloride (PVC), used to package fruits, breads, cold cuts, and pizzas, as well as to seal containers intended for microwave fruit cooking. As aggravating factors, the high fat content present in the food and the exposure to high temperatures in these disposable utensils, either through heating or reheating, can further enhance the transfer of packaging components to the exposed food. Given this panorama, it is essential to review and adapt the procedures related to the use of these packaging materials, as well as to train the teams and groups involved in order to promote environmental awareness, sustainability, and food safety.

Keywords: plastic. Packaging. Food.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Funções das embalagens	16
Figura 2	Embalagens e acondicionamentos plásticos recicláveis - Identificação e simbologia	18
Figura 3	Interação alimento-embalagem. Permeação (P); Sorção (S); Migração (M)	20
Figura 4	Estrutura do estireno e poliestireno	22
Figura 5	Estrutura do cloreto de vinila e policloreto de vinila	23
Figura 6A	Carro térmico acoplado à base (estação) regeneradora de temperatura.....	46
Figura 6B	Base (estação) regeneradora de temperatura	46
Figura 7	Fluxograma de preparação e distribuição de batida e papa de fruta ao paciente.....	47
Figura 8	Fluxograma de preparação e distribuição de líquido hipercalórico ao paciente	47
Figura 9	Caneca térmica de parede dupla em aço inox e tampa	53
Figura 10	Terrina de vidro com tampa	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Resumo das embalagens utilizadas pelo hospital do Rio Grande do Sul	41
Tabela 2	Percentuais de gordura das principais preparações acondicionadas em embalagens plásticas de polipropileno (PP), poliestireno expandido (EPS) e policloreto de vinila (PVC)	43
Tabela 3	Registro de temperaturas dos alimentos do almoço e jantar e do carro térmico de transporte	45
Tabela 4	Avaliação de tempo e temperatura do café com leite do envase até a distribuição	49
Tabela 5	Resumo das situações preocupantes da rotina atual e das propostas de mudanças nos processos de acondicionamento dos alimentos	55
Tabela 6	Alternativas de embalagens biodegradáveis disponíveis no mercado brasileiro	56

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIPLAST - Associação Brasileira da Indústria do Plástico;

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas;

ABS - acrílico-nitrila-butadieno-estireno

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária;

AVC – Acidente Vascular Cerebral

CO² - Dióxido de Carbono;

COVID-19 - Coronavírus Disease 2019 (Doença por Coronavírus – 2019);

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária;

EPS - Poliestireno Expandido;

FDA - Food and Drug Administration (Administração de Alimentos e Medicamentos);

GMC - Grupo Mercado Comum;

HA – Hipertensão Arterial

LPG - Licença Pública Geral);

IARC - *International Agency for Research on Cancer* (Agência Internacional de Pesquisa sobre o Câncer);

IC – Insuficiência Cardíaca;

IG - Informações Gerenciais;

IM – Infarto do Miocárdio;

LC - Limite de composição;

LME - Limite de Migração Específica;

LMT - Limite de Migração Total;

MERCOSUL - Mercado Comum do Sul;

PE - Polietileno;

PEAD - Polietileno de Alta Densidade;

PEBD - Polietileno de Baixa Densidade;

PELBD - Polietileno Linear de Baixa Densidade;

PET - Polietileno Tereftalato;

PP - Polipropileno;

PS - Poliestireno;

PTFE - Politetrafluoroetileno;

PVC - Cloreto de polivinila;

RDC - Regime Diferenciado de Contratações Públicas;

RNA - Ribonucleic Acid (Ácido Ribonucleico);

SAN - estireno-acrilonitrila;

SINDIPLAST - Sindicato da Indústria de Material Plástico;

SND - Serviço de Nutrição e Dietética;

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REVISÃO DA LITERATURA	14
2.1 A ORIGEM DOS POLÍMEROS PLÁSTICOS	14
2.2 FUNÇÕES DAS EMBALAGENS.....	16
2.3 EMBALAGENS PLÁSTICAS PARA ALIMENTOS	17
2.3.1 Polietileno Tereftalato (PET).....	18
2.3.2 Polietileno (PE)	18
2.3.3 Policloreto de Vinila (PVC).....	19
2.3.4 Polipropileno (PP)	19
2.3.5 Poliestireno (PS).....	19
2.4 INTERAÇÃO ALIMENTO-EMBALAGEM	20
2.5 LEGISLAÇÕES	23
2.6 OUTRAS FONTES DE EXPOSIÇÃO AOS MATERIAIS PLÁSTICOS.....	26
2.7 MICROPLÁSTICOS NO CORPO HUMANO.....	27
2.8 ALTERNATIVAS PARA AS EMBALAGENS PLÁSTICAS TRADICIONALMENTE EMPREGADAS	28
2.9 DESAFIOS ACERCA DA PRODUÇÃO E DESCARTE DE EMBALAGENS BIODEGRADÁVEIS	29
3 JUSTIFICATIVA	32
4 OBJETIVOS	34
4.1 – OBJETIVO GERAL	34
4.2 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	34
5 MATERIAIS E MÉTODOS.....	36
5.1 COLETA DE DADOS	36
5.2 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO	36
5.3 UTILIZAÇÃO E ANÁLISE DE DADOS.....	37
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
6.1 AQUECIMENTO DE ALIMENTOS EM RECIPIENTES DE ISOPOR.....	48
6.2 AQUECIMENTO DE ALIMENTOS EM PLÁSTICO FILME DE PVC	51
6.3 REVISÃO E ADAPTAÇÃO DOS PROCESSOS	52
6.4 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	57
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	59
REFERÊNCIAS.....	62
ANEXOS	70

1

Introdução

1 INTRODUÇÃO

O aumento do uso de produtos plásticos tem gerado um impacto ambiental preocupante. A Associação Brasileira da Indústria do Plástico (ABIPLAST) destaca que o setor de alimentos é o segundo maior consumidor de produtos plásticos, representando 21,9% do total de consumo, ficando atrás apenas do setor de construção civil, que corresponde a 25,4% (ABIPLAST, 2022).

Segundo Almeida (2021), o Serviço de Nutrição e Dietética (SND) de um hospital do Rio Grande do Sul usou mais de 5,2 milhões de materiais plásticos no ano de 2020, sendo que os principais eram garfos, facas e pratos descartáveis, representando um custo anual de mais de 800 mil reais aos cofres públicos.

No âmbito hospitalar, as embalagens plásticas descartáveis são adotadas em contextos específicos pelos SND. Isso engloba situações de contingências decorrentes de elevados índices de absenteísmo, as quais demandam uma organização e distribuição de refeições com menor efetivo, bem como em estratégias de padronização segura em pacientes com COVID (Ortiz *et al.*, 2022). Além disso, as embalagens plásticas descartáveis são particularmente úteis na prestação de cuidados em unidades de alta demanda e rotatividade de pacientes, como por exemplo no Serviço de Emergência.

No entanto, a migração de substâncias tóxicas das embalagens para os alimentos também é uma preocupação. Principalmente em relação à segurança dos alimentos. Rocha e Mendes (2019) explicam que a migração ocorre devido à interação entre o tipo material da embalagem e o tipo de alimento acondicionado e é influenciada por vários fatores, entre os quais as características físico-químicas do alimento, como teor lipídico, pH, e quantidade de água, tempo de contato, temperatura de armazenamento, razão entre a área da superfície do material e o volume do alimento. Entre os componentes dos polímeros plásticos que podem migrar para o alimento estão os monômeros residuais resultantes do processo de fabricação e os aditivos que são incorporados ao material.

O estireno e o cloreto de vinila, encontrados em copos isotérmicos e plástico filme respectivamente, são monômeros especialmente preocupantes do ponto de vista toxicológico pois, segundo a Agência Internacional de Pesquisa sobre o Câncer (IARC), o estireno é classificado no Grupo 2A, como provável carcinogênico para

humanos e o cloreto de vinila no Grupo 1 como carcinogênico para humanos (IARC, 2019).

É importante ressaltar que as embalagens utilizadas para acondicionar alimentos foram desenvolvidas para uma finalidade específica, e nem todas podem ser reutilizadas, ou utilizadas para aquecimento em micro-ondas, por exemplo. O uso inadequado de materiais em contato com alimentos pode resultar em migração de substâncias tóxicas acima dos limites máximos estabelecidos em legislação.

2

Revisão da Literatura

2 REVISÃO DA LITERATURA

Ao longo do tempo, a preocupação com a alimentação vem sofrendo alterações significativas. Há um crescente interesse dos indivíduos em compreender o impacto da alimentação no seu corpo e a interação dela com a saúde de forma geral. É importante ressaltar que informações sobre segurança dos alimentos são essenciais, pois permitem identificar situações de risco, tanto para indivíduos, quanto para regiões inteiras. Isso possibilita que os governos municipais, estaduais e federais intervenham de maneira efetiva para melhorar as práticas alimentares da população e garantir o acesso a alimentos seguros (Marins; Tancredi; Gemal, 2014).

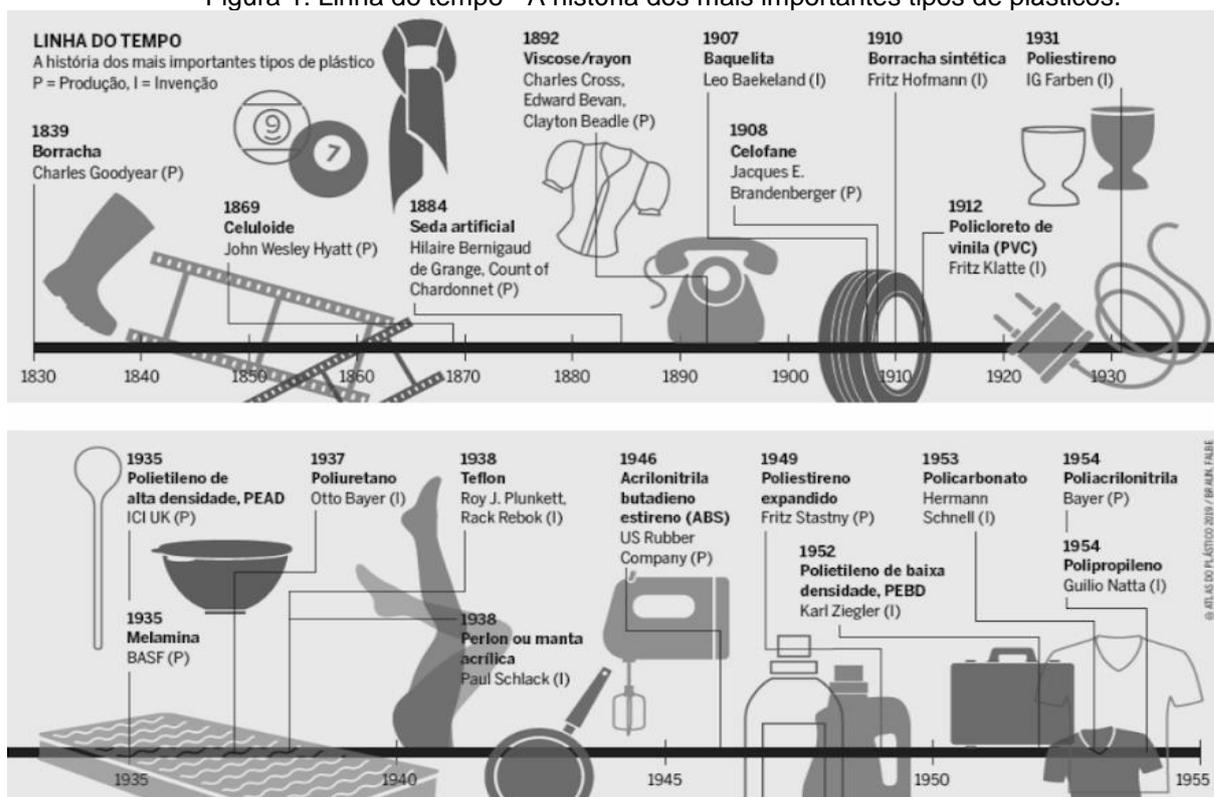
Os alimentos são compostos por uma matriz complexa e única, que contém diversos constituintes. Entre eles, destacam-se os macronutrientes, como carboidratos, proteínas e lipídeos, e os micronutrientes, como vitaminas e minerais. Além disso, os alimentos também possuem compostos fitoquímicos, que podem ser classificados em categorias amplas, como fenólicos, alcaloides, compostos contendo nitrogênio, compostos organossulfurados, fitoesteróis e carotenóides. Esses compostos fitoquímicos estão associados a benefícios para a saúde humana, como redução do risco de câncer (Liu, 2012).

No entanto, é importante mencionar que os alimentos também podem conter compostos químicos que podem afetar negativamente a saúde humana e assim aumentar o risco de desenvolver doenças. Esses compostos podem ser contaminantes resultantes das etapas anteriores da cadeia alimentar, como resíduos veterinários, pesticidas, contaminantes ambientais como metais pesados e dioxinas, e compostos formados durante o processamento alimentar, como aminas heterocíclicas aromáticas e acrilamida. Além disso, também é importante considerar os contaminantes presentes nas embalagens e equipamentos que entram em contato com os alimentos (Rocha; Mendes, 2019).

2.1 A ORIGEM DOS POLÍMEROS PLÁSTICOS

Os polímeros plásticos mais importantes foram criados entre 1850 e 1950 e, de modo geral, foram misturados a aditivos tóxicos para serem refinados (Atlas do Plástico, 2020). A figura 1 reproduz a linha do tempo da história dos principais tipos de plásticos.

Figura 1: Linha do tempo - A história dos mais importantes tipos de plásticos.



O americano Charles Goodyear (1800-1860) inventou o processo de vulcanização da borracha, tornando o material natural mais durável, mais resistente às oscilações de temperatura e mais flexível, permitindo-lhe esticar, mas retornar à sua forma original (BRASKEM, 2012).

No ano de 1862, o primeiro plástico exposto na "Great London Exposition" foi fabricado a partir da celulose e foi chamado de Parkesine em homenagem ao seu criador, Alexander Parkes. Esse material orgânico tinha a capacidade de ser moldado quando aquecido e mantinha sua forma após refrigeração. Em seguida, foram desenvolvidos outros plásticos substitutos, como a celulóide por John Wesley Hyatt.

No ano de 1884, o químico Hilaire de Chardonnet patenteou a fibra sintética popular como "seda Chardonnet".

O engenheiro têxtil suíço Jacques Brandenberger, em 1905, inventou o celofane a partir da celulose, na tentativa de criar uma película protetora impermeável para toalhas de mesa (BRASKEM, 2012).

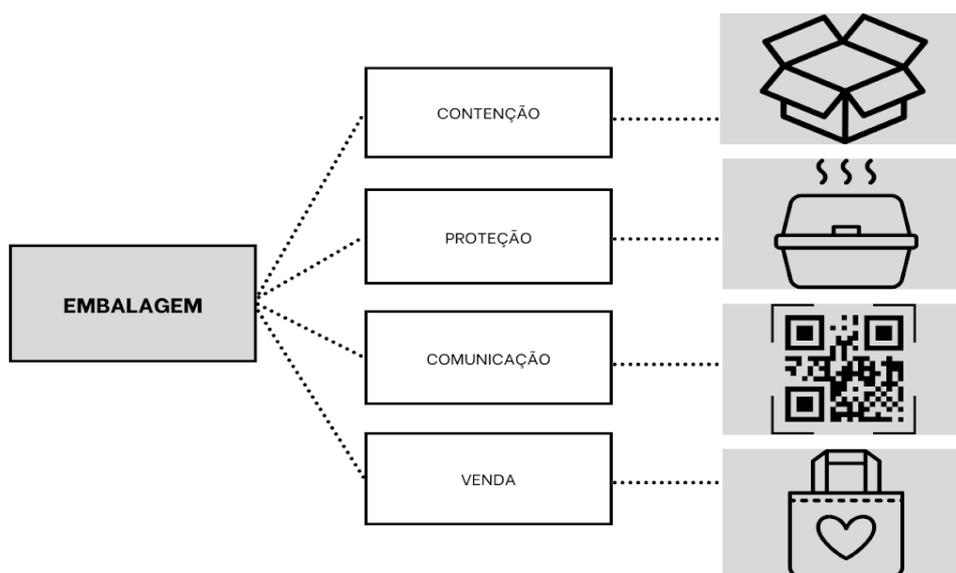
O químico belga Leo Baekeland (1863-1944) deu início à revolução dos plásticos modernos por volta de 1907 ao criar o primeiro totalmente sintético e em escala comercial: o baquelite (BRASKEM, 2012; Atlas do Plástico, 2020).

Em 1912 Fritz Klatte patenteou um material denominado policloreto de vinila, o famoso PVC ou vinil. O PVC, o polietileno e o polipropileno também se tornaram populares e amplamente utilizados. Atualmente, esses três plásticos são os mais usados no mundo, mas foi na Segunda Guerra Mundial que a demanda cresceu, pois o PVC foi utilizado para isolar cabos em navios da Marinha. Além do PVC, o polietileno, inventado em 1930, também alcançou aceitação. O polipropileno, desenvolvido pelo químico Giulio Natta, também ganhou popularidade nos anos de 1950 (Atlas do Plástico, 2020).

2.2 FUNÇÕES DAS EMBALAGENS

As embalagens foram desenvolvidas para desempenhar várias funções em relação ao alimento. Entre as principais funções das embalagens podemos citar: contenção, proteção, comunicação e venda, conforme ilustrado na Figura 1 (Martinazzo, 2020).

Figura 1. Funções das embalagens



Fonte: autora

A contenção é a função primária da embalagem, de conter uma determinada quantidade de alimento e formar uma unidade do produto, facilitando estocagem,

venda, transporte e utilização. É a mais importante, pois tem relação direta com a segurança do consumidor, constitui uma barreira que protege o alimento contra agentes externos que poderiam contaminá-lo ou acelerar sua deterioração (Azeredo, 2012).

Com o desenvolvimento do comércio e do auto-serviço, a função de comunicação teve forte influência na venda do produto. Sendo assim, a função de venda está ligada a um design visual atraente, no qual o primeiro contato do consumidor com a embalagem pode determinar a decisão de compra (Azeredo, 2012; Andrade *et al.*, 2021).

A embalagem deve oferecer proteção para o alimento dos perigos que ocorrem durante a manipulação, estocagem e transporte do mesmo, mantendo as características sensoriais, físicas, químicas e microbiológicas dos produtos (Aderade *et al.*, 2021).

Além dos sistemas tradicionais de proteção passiva, que protegem o alimento de interações com o ambiente, os sistemas de embalagens também podem desempenhar funções ativas ou inteligentes de interação com o alimento e também com o ambiente, ou também as duas funções ao mesmo tempo. A embalagem ativa é um novo método utilizado para prolongar a vida de prateleira de alimentos perecíveis, manter ou melhorar a qualidade e segurança dos alimentos preparados devido à sua interação com o produto. Além disso, as embalagens ativas têm potencial para substituir a adição de compostos ativos dos alimentos, reduzindo o movimento de partículas dos materiais de embalagem para os alimentos. A embalagem inteligente consiste em materiais que monitoram a condição dos alimentos embalados ou o ambiente ao redor dos alimentos. Ele detecta alterações na condição do alimento ou do seu ambiente, como mudanças de pH e temperatura, estendendo assim a função dos materiais de embalagem tradicionalmente usados, indicando o estado do produto por meio de alterações visuais (Sharma *et al.*, 2021).

2.3 EMBALAGENS PLÁSTICAS PARA ALIMENTOS

Os materiais poliméricos (plásticos) têm marcado a trajetória das embalagens para alimentos nas últimas décadas, devido a fatores mercadológicos como transparência, leveza, versatilidade e custo altamente competitivo. Entretanto, constituem uma classe de materiais que apresenta possibilidade de interação com

os alimentos e com o meio ambiente. Além disso, em geral, são inerentemente permeáveis, apesar de os tipos de materiais variarem bastante em relação às suas propriedades de barreira (Azeredo, 2012).

Os principais materiais poliméricos usados em embalagem de alimentos são polietileno tereftalato (PET), polietileno (PE), Policloreto de Vinila (PVC), polipropileno (PP) e poliestireno (PS). E para identificação, a norma NBR 13.230 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) traz a simbologia de produtos e matérias-primas plásticas conforme mostrado na Figura 2.

Figura 2. Embalagens e acondicionamentos plásticos recicláveis - Identificação e simbologia



Fonte: ABNT NBR 13230:2008

2.3.1 Polietileno Tereftalato (PET)

Material amorfo, rígido e transparente, absorve muita umidade, funde sob temperaturas próximas a 265°C. Possui excelente resistência ao impacto, baixa permeabilidade aos gases (CO₂) e é o material base para a fabricação de garrafas de bebidas carbonatadas, frascos para alimentos, cosméticos e produtos de limpeza (SINDIPLAST, s.d.)

2.3.2 Polietileno (PE)

É o material polimérico mais usado em embalagens de alimentos, graças ao seu baixo custo, fácil processamento e termossoldabilidade. Divide-se em três categorias: polietileno de alta densidade (PEAD), polietileno de baixa densidade (PEBD) e polietileno linear de baixa densidade (PELBD). O PEAD, se comparado ao PEBD, tem maior ponto de fusão, maior cristalinidade, maior dureza, maior resistência à tração e melhor resistência química. É usado, principalmente, na confecção de garrafas sopradas para embalagens de leite e iogurte, já o PEBD é bem flexível, muito utilizado na fabricação de filmes, também como camada adesiva

e de termossoldagem em embalagens compostas. O PELBD combina a rigidez e a força do PEAD com a transparência e a termossoldabilidade do PEBD, muito utilizado para selar fardos de latas de cerveja, refrigerantes e garrafas de plástico PET (Atlas do Plástico, 2020; Azeredo, 2012).

2.3.3 Policloreto de Vinila (PVC)

É um polímero amorfo, muito versátil, usado especialmente para fabricação de filmes esticáveis e aderentes, também pode ser usado para fazer embalagens rígidas ou flexíveis das quais nem o oxigênio e nem a água podem escapar (Azeredo, 2012; Atlas do Plástico, 2020).

2.3.4 Polipropileno (PP)

É um polímero linear e cristalino, apresenta maior rigidez e resistência à tração quando comparado com o polietileno (PE). Possui maior temperatura de fusão (em torno de 165°C) e também é resistente a baixas temperaturas, o que o torna adequado para bebidas quentes e também para alimentos congelados. O polipropileno pode ser PP Homo (Polipropileno Homopolímero) o qual é resistente a altas temperaturas podendo ser esterilizado, tem boa resistência química, menor resistência ao impacto e é muito usado na fabricação de peças com dobradiças, autopeças, embalagens para alimentos, fibras e monofilamentos; e também PP Copo (Polipropileno Copolímero) que é mais flexível e resistente que o homopolímero (exceto resistência química) e quando modificado com elastômeros, torna-se mais resistente ao impacto. Usado para utilidades domésticas, frascos e embalagens de uso geral (Azeredo, 2012; SINDIPLAST, s.d.).

2.3.5 Poliestireno (PS)

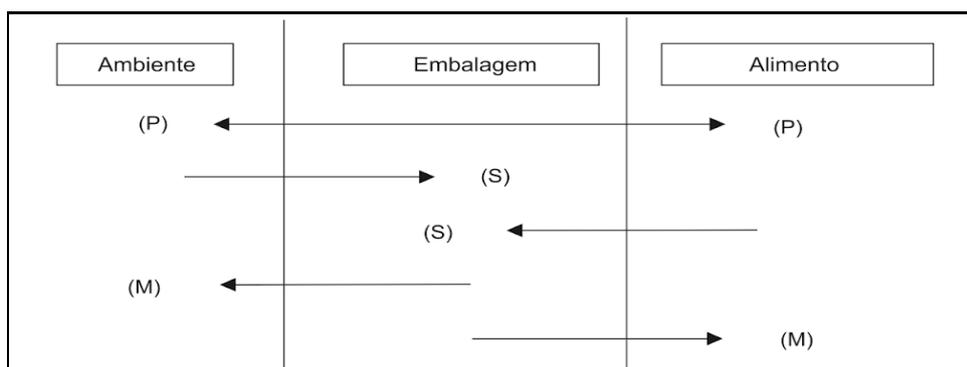
Tem baixa resistência química, térmica e também ao impacto. É um material rígido, leve, transparente e brilhante muito utilizado em copos, pratos e talheres descartáveis, brinquedos, produtos para escritório. O Poliestireno Expandido (EPS), conhecido pela marca Isopor®, é produzido por meio de injeção de agentes expansores durante a fabricação, o que torna o material com excelentes propriedades acústicas e térmicas. O EPS é usado em embalagens para alimentos,

lajes e isolamento acústico e térmico na construção civil (Azeredo, 2012; SINDIPLAST, s.d.).

2.4 INTERAÇÃO ALIMENTO-EMBALAGEM

As interações alimento-embalagem são classificadas em permeação, sorção e migração, como mostra a Figura 3. A permeação é a transferência de compostos, através do material da embalagem, do produto para o ambiente ou vice-versa, em resposta a uma diferença na pressão parcial do permeante. A sorção ocorre pelo processo de absorção e/ou adsorção de componentes pelo material de embalagem. A migração é a transferência de moléculas originalmente presentes no material da embalagem, tanto para o alimento, quanto para o ambiente (Azeredo, 2012).

Figura 3. Interação alimento-embalagem. Permeação (P); Sorção (S); Migração (M).



Fonte: Azeredo, 2012.

O fenômeno de transferência de compostos é comandado pela difusão, que nada mais é do que transferência de massa devido ao movimento das moléculas, de forma espontânea sem ajuda de força externa (Bazílio, 2014).

O processo de migração depende das propriedades do polímero, peso molecular, da natureza e quantidade do plastificante, do processo de produção, da homogeneidade do composto, da área de contato com o plástico. Além disso, o potencial de migração está ligado a interação entre o tipo material da embalagem e o tipo de alimento acondicionado, entre os quais as características físico-químicas do alimento, como teor gordura, pH, e quantidade de água, tempo de contato, temperatura de armazenamento, razão entre a área da superfície do material e o volume do alimento (Rocha; Mendes, 2019).

Entre os componentes dos polímeros plásticos que podem migrar para o alimento estão os monômeros residuais resultantes do processo de fabricação e os aditivos que são incorporados ao material. Os monômeros são unidades básicas dos polímeros (cadeia polimérica), estes são comercializados em forma de resina, que pode conter resíduos de monômeros em quantidades suficientes que podem migrar para o produto acondicionado. Os aditivos são substâncias incorporadas às resinas plásticas para melhorar o desempenho dos polímeros durante a fabricação e assim modificar algumas características do produto final (Azeredo, 2012).

Entre os monômeros utilizados nas embalagens plásticas descartáveis, é importante destacar a preocupação com o estireno e o cloreto de vinila. O estireno, presente no poliestireno, é metabolizado em feniloxirano, um composto mutagênico. Além disso, o estireno pode afetar sensorialmente o produto final. O cloreto de vinila, por sua vez, é utilizado na produção do PVC e também apresenta preocupações em relação à saúde. Durante a fabricação e incineração do PVC, podem ser liberados compostos tóxicos, como o ácido clorídrico e dioxinas, que são altamente prejudiciais ao meio ambiente e à saúde humana (Azeredo, 2012).

O poliestireno é um polímero utilizado em diversas formas para embalagens de produtos alimentícios, como carnes, laticínios e também produtos de panificação. A qualidade do material utilizado, em termos de nível residual de monômero de estireno e as condições de armazenamento do alimento podem afetar significativamente a sua migração. Em estudos com animais, a exposição ao estireno pode ser relacionada a problemas hematológicos, citogenéticos, neurotóxicos e cancerígenos (Pilevar *et al.*, 2019).

O estireno pode estar naturalmente em alguns alimentos em níveis baixos, embora concentrações tão altas quanto 40 mg kg^{-1} tenham sido relatadas na canela, possivelmente originadas da degradação do cinamaldeído, que é um composto orgânico que dá à canela o seu sabor e odor (Fragnière *et al.*, 2003).

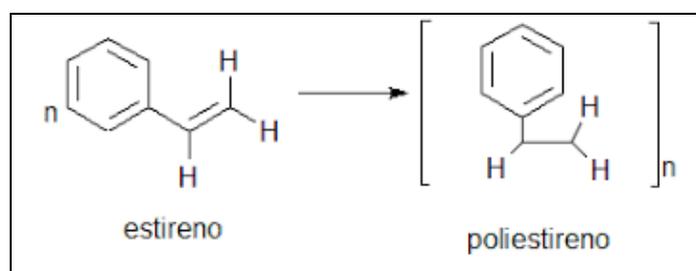
Espécies de baixo peso molecular de monômeros e oligômeros residuais de materiais das embalagens poliméricas de PS, como vários tipos de óxidos de estireno são de grande importância para impactos relacionados à saúde. O óxido de estireno, como a forma tóxica de estireno, pode ser produzido durante a polimerização e por meio de aquecimento no processo de extrusão, termoformação e moldagem, especialmente na presença de acetofenona, benzaldeído e pigmentos (aditivos) como catalisadores de reações de oxidação. Assim o nível de óxido de

estireno pode ser bem alto em recipientes termoformados e expandidos como pratos, potes e copos (Pilevar, *et al.*, 2019).

Polímeros contendo estireno, como copolímero de estireno-acrilonitrila (SAN) e copolímero de acrilonitrila-butadieno-estireno (ABS), são frequentemente usados para materiais em contato com alimentos. A copolimerização do estireno com acrilonitrila, como na produção de SAN, aumenta a estabilidade térmica e a robustez em comparação com o PS. O SAN possui uma resistência ao impacto melhorada. A acrilonitrila é considerada um composto possivelmente carcinogênico para humanos (grupo 2B) e o 1,3-butadieno pertence ao grupo 1 (comprovadamente carcinogênico para humanos) de acordo com a classificação da IARC (IARC, 2008).

A migração residual de estireno é acelerada em temperaturas mais altas e em alimentos com maiores teores de gorduras. Em amostras de leite integral e desnatado aquecido em embalagens de PS foram detectados contaminantes voláteis como estireno (etenilbenzeno), 1-octeno e etilbenzeno em maior quantidade nas amostras de leite integral, devido ao papel de bioacumulação desses compostos em produtos gordurosos (Lopez *et al.*, 2008).

Figura 4. Estrutura do estireno e poliestireno



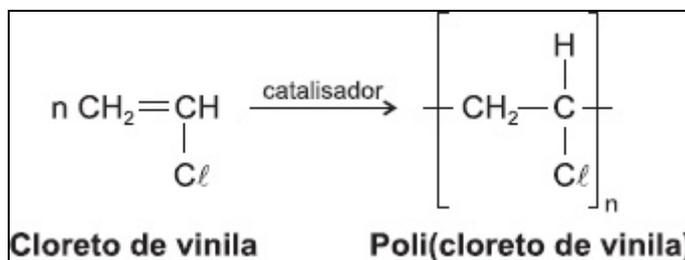
Fonte: Internet

O PVC é obtido a partir da polimerização do cloreto de vinila, em dispersão aquosa, na presença de catalisador e agente de dispersão. O polímero é isolado ao final da reação por filtração. As reações de polimerização não alcançam 100% e o polímero pode reter na sua estrutura monômeros residuais e oligômeros. O cloreto de vinila é classificado pela IARC no grupo 1, como carcinogênico para humanos (IARC, 2019).

Além dos possíveis resíduos de cloreto de vinila, que é uma substância tóxica para humanos, o PVC agrega aditivos, tais como plastificantes, estabilizantes

térmicos, lubrificantes, modificadores de impacto e outros, que conferem acabamento ao produto. Os ftalatos são um grupo bem conhecido de plastificantes necessários para transformar o PVC em materiais flexíveis, um deles é o ftalato de di-(2- etil-hexila) (DEHP). Este composto é uma fonte de riscos e de perigos de contaminação pela simples difusão para os meios ou fluidos em contato. O adipato de di-(2-etil-hexila) (DEHA) também pode ser usado como agente plastificante na produção do PVC, porém quando filmes de PVC são utilizados, em contato com alimentos gordurosos como o queijo e carnes, pode ocorrer uma migração significativa do DEHA para o alimento, em quantidades que podem exceder o limite máximo de migração específica (Barros, 2010). O DEHP é classificado no grupo 2B, agente classificado como possível carcinogênico ao homem (IARC, 2014) e o DEHA é classificado no grupo 3, como não classificável quanto à sua carcinogenicidade para os seres humanos (IARC, 2000). Contudo, a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos da América (Environmental Protection Agency - EPA) classifica o DEHA dentro do grupo toxicológico C, como um possível carcinógeno humano (U.S. EPA, 2012).

Figura 5. Estrutura do cloreto de Vinila e Policloreto de Vinila



Fonte: Internet

2.5 LEGISLAÇÕES

A Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 91 de 2001 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) especifica critérios gerais das embalagens e equipamentos que entram em contato direto com os alimentos, afirmando que estes devem ser fabricados em conformidade com as boas práticas de fabricação e assim ser suficientemente seguros e inertes. Em condições normais ou previsíveis de emprego, não podem transferir para os alimentos, componentes indesejáveis, tóxicos ou contaminantes em quantidades que superem os limites máximos estabelecidos e possam constituir um perigo para a saúde humana e/ou

provocar uma alteração inaceitável da composição do alimento ou das características organolépticas dos mesmos. Esses componentes devem seguir critérios de pureza compatíveis com sua utilização, devem cumprir com o limite de migração total estabelecido e com os limites de migração específica estabelecidos para certos componentes e, em alguns casos, para alimentos específicos, podem ser estabelecidas restrições de uso. Ainda assim, devem estar incluídos nas listas positivas que são “relações taxativas de substâncias que provaram ser fisiologicamente inócuas em ensaios com animais e cujo uso está autorizado para a fabricação de materiais em contato com alimentos” (Brasil, 2001).

Conceitos dos limites de migração de acordo com a RDC nº 91 de 2001 da ANVISA:

Limite de migração total (LMT) é a quantidade máxima admitida de componentes do material que entrará em contato com alimentos, que sob as condições de ensaio é transferida aos simulantes.

Limite de migração específica (LME) é a quantidade máxima admitida de um componente específico do material que entrará em contato com alimentos, que sob as condições de ensaio é transferida aos simulantes.

Limite de composição (LC) é a quantidade máxima permitida de um componente particular de interesse toxicológico admitido no material que entrará em contato com alimentos.

Simulante é um produto usado para os ensaios de migração, exigidos pela ANVISA, e que apresenta características similares aos dos alimentos que entrarão em contato com aquele polímero e seus constituintes.

Todas as substâncias autorizadas para uso em embalagens alimentícias, bem como seus limites, estão organizadas na lista positiva de aditivos destinados à elaboração de materiais plásticos e revestimentos poliméricos em contato com alimentos, resolução RDC nº 326 de 2019 da ANVISA. Essa resolução tem como base de referência para a inclusão ou exclusão de componentes, assim como para as restrições de uso, as listas positivas dos atos normativos da União Europeia, as listas de substâncias autorizadas da *Food and Drug Administration* (FDA), também, em caráter de excepcionalidade, as listas positivas de outras legislações e recomendações devidamente reconhecidas (Brasil, 2019).

A RDC nº 589 de 2021 da ANVISA incorpora ao ordenamento jurídico nacional as seguintes resoluções do Grupo Mercado Comum (GMC) do Mercosul:

19/2021, 20/2021 e 21/2021. Ela descreve que todas as embalagens e equipamentos plásticos em contato com alimentos deverão cumprir o seguinte LMT no qual não devem migrar substâncias não voláteis aos simulantes de alimentos em quantidades superiores a 10mg/dm² de área da superfície de contato. Em embalagens plásticas com volume definido, o valor do resultado do ensaio de migração total pode ser expresso em miligramas por quilograma (mg/kg), considerando a relação real entre a área da superfície de contato e a massa de alimento. Neste caso, as embalagens não poderão ceder substâncias não voláteis aos simulantes de alimentos em quantidades superiores a 60 mg/kg de simulante de alimento (Brasil, 2021).

O estireno está autorizado para ser utilizado como monômero e/ou matéria-prima na fabricação de materiais plásticos em contato com os alimentos, sem limite de migração específica (LME). Desta forma, o limite de migração do monômero estireno é igual ao limite de migração total estabelecido pela legislação brasileira que é de 60 mg/kg de simulante. Este é o mesmo limite adotado na União Europeia (CETEA, 2017). A FDA estabelece que o residual de estireno no polímero não pode ser superior a 1% em peso, para todos os tipos de alimentos, com exceção dos alimentos que contenham gordura (emulsões óleo-água e água-óleo, leite e produtos de leite, gorduras e óleos, produtos de panificação com gordura na superfície e produtos secos com gordura) para os quais o residual de estireno não deve ultrapassar 0,5% em peso (CFR, 2023).

Para o poliestireno de alto impacto (PSAI), o limite para o monômero de estireno é de 0,5%, independente da aplicação. O monômero 1,3-butadieno consta na RDC nº 56 de 16 de 2012 da ANVISA com a seguinte restrição: limite de Composição (LC) de 1 mg/kg de produto final ou limite de migração específica (LME) não detectável por um método com limite de detecção de 0,01 mg/kg. O monômero 1,3-butadieno consta também no Regulamento da União Europeia nº 10 de 2011 com as mesmas restrições descritas na legislação brasileira (CETEA, 2017). Para o cloreto de vinila, a legislação brasileira estabelece um limite de 1 mg/kg na estrutura do polímero final (Brasil, 2012).

A Resolução nº 17 de 2008 da ANVISA estabelece o LME para o adipato de di-(2-etil-hexila) de 18 mg de DEHA por kg de simulante. Para o ftalato de di-(2-etil-hexila), o LME estabelecido é de 1,5 mg de DEHP por kg de solvente simulante (Brasil, 2008).

2.6 OUTRAS FONTES DE EXPOSIÇÃO AOS MATERIAIS PLÁSTICOS

Em 2019, a poluição foi relatada como responsável por aproximadamente 9 milhões de mortes prematuras, sendo a poluição do ar (tanto doméstico como ambiental) responsável por mais de 70% (Fuller, 2022). Há também um conjunto crescente de estudos que relaciona a poluição ambiental, especialmente os materiais particulados, com desfechos cardiometabólicos ruins, como infarto do miocárdio (IM), acidente vascular cerebral (AVC), Insuficiência cardíaca (IC), hipertensão arterial (HA), resistência à insulina/diabetes e arritmia cardíaca (Rajagopalan, 2018).

A maioria dos dados disponíveis refere-se a partículas com dimensões acima de 10 ou 50 μm . Partículas plásticas de tamanho submícron, como as relatadas na água do mar, foram menos estudadas até agora. No seu conjunto, estes dados indicam a natureza onipresente das partículas de plástico e levantam a questão de saber até que ponto os seres humanos estão expostos a tais partículas (Heather *et al.*, 2022).

Estudos analíticos em todo o mundo estabeleceram um grande conjunto de dados sobre a ocorrência de partículas de plástico em várias matrizes, fontes no ambiente de vida que entram no ar, na água e nos alimentos, mas também produtos de higiene pessoal que podem ser ingeridos, como PE em pasta de dente ou PET em brilho labial, polímeros dentários, fragmentos de implantes poliméricos, nanopartículas poliméricas de administração de fármacos como polimetilmetacrilato e poliestireno, resíduos de tinta de tatuagem, por exemplo, partículas de acrilonitrila butadieno estireno (Heather *et al.*, 2022).

A acumulação prolongada de estireno no corpo, por exemplo, se dá através da inalação ao longo do tempo, outro fator poderia ser o tabagismo, uma importante fonte de exposição ao estireno que também pode se acumular no corpo ao longo do tempo (Ajaj, 2021). Alguns estudos calcularam a exposição diária ao estireno por inalação e segundo Tang, Hemm e Eisenbrand (2000) cerca de 40% do estireno inalado é exalado. Concluíram que a exposição diária ao estireno por inalação está na faixa de 0,1–0,6 $\mu\text{g}/\text{kg}$ de peso corporal para adultos (EFSA, 2020). Para Banton *et al.* (2019) a exposição mais elevada foi obtida para crianças de 1 a 2 anos, devido a taxas de inalação mais elevadas por unidade de peso corporal, com exposição

respiratória média de 0,36 µg/kg de peso corporal e um valor limite de 1,1 µg/kg de peso corporal.

Em relação aos plastificantes, os ftalatos têm se ramificado em diferentes setores, além da indústria de alimentos, como cosméticos, medicamentos, equipamentos médicos, roupas e brinquedos. Em cosméticos e na indústria farmacêutica, são usados como aditivos e fixadores (Basso, 2022). O DEHP pode migrar de bolsas e tubos de armazenamento de dietas parenterais. Um estudo reportou que 11 ftalatos estavam presentes em 63 amostras de soluções de dietas parenterais obtidas em hospitais. O DEHP esteve presente em todas as amostras, com variação de 10 a 4.400 ng/g (Barros, 2010). As soluções parenterais utilizadas como veículos para a administração de medicamentos são suscetíveis à migração de substâncias provenientes da embalagem para a solução em contato, entre elas os plastificantes. A introdução de tais substâncias diretamente na corrente sanguínea é completa e relativamente rápida (Monteiro; Gotardo, 2005).

2.7 MICROPLÁSTICOS NO CORPO HUMANO

Microplásticos (MPs) são partículas de polímeros sintéticos na faixa de tamanho micro (Hartmann, 2019) e, embora um consenso internacional sobre a faixa de tamanho não tenha sido alcançado, em 2008, especialistas que participaram de uma reunião organizada pela *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), propuseram uma definição funcional, que se tornou a definição mais usada, na qual microplásticos são todas partículas de plástico com diâmetro menor que 5 mm (Arthur; Baker; Bamford, 2009).

MPs têm sido identificados em todos os compartimentos ambientais, alimentos, água potável e, mais recentemente, em amostras humanas, incluindo fezes, sangue, pulmão e cólon. Um estudo verificou a presença de contaminação por microplásticos em 5 amostras de tecido venoso humano. Foram encontradas 13 partículas de microplásticos de Politetrafluoretileno (PTFE), PP e PET. Os níveis observados são semelhantes ou superiores aos relatados na literatura para os tecidos de cólon e pulmão (Rotchell *et al.*, 2023). Fezes humanas analisadas com Espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier (FTIR), evidenciaram que partículas plásticas de tamanho micro podem ser excretadas através do trato gastrointestinal (Schwabl *et al.*, 2019).

Heather *et al.* (2022) mostrou que micropartículas de quatro polímeros de alto volume de produção aplicados em plástico foram identificados e quantificados no sangue. Politereftalato de etileno, polietileno e polímeros de estireno (um parâmetro de soma de poliestireno, poliestireno expandido, acetonitrila butadieno estireno etc.) foram os mais amplamente encontrados, seguidos pelo polimetacrilato de metila. Neste estudo, a média da soma da concentração quantificável de partículas de plástico no sangue foi de 1,6 µg/ml, demonstrando que partículas de plástico estão biodisponíveis para serem absorvidas pela corrente sanguínea humana.

É cientificamente plausível que partículas de plástico possam ser transportadas para os órgãos através da corrente sanguínea. Foi demonstrado que a placenta humana é permeável a esferas de poliestireno de 50, 80 e 240 nm (Wick *et al.*, 2010). Um estudo avaliou por Microespectroscopia Raman a presença de microplásticos em placentas de seis gestantes. Doze fragmentos microplásticos, variando de 5 a 10 µm de tamanho, com formato esférico ou irregular, foram encontrados em 4 placentas (5 no lado fetal, 4 no lado materno e 3 nas membranas corioamnióticas). Três deles foram identificados como polipropileno, sendo todos pigmentados. Nos outros nove polímeros foi possível identificar apenas os pigmentos presentes (Ragusa *et al.*, 2021).

2.8 ALTERNATIVAS PARA AS EMBALAGENS PLÁSTICAS TRADICIONALMENTE EMPREGADAS

Há aproximadamente 50 anos, despertou-se o interesse pela produção de plásticos que sejam ambientalmente sustentáveis (Albertsson; Hakkarainen, 2017). Os problemas decorrentes da dificuldade de reciclagem da maioria das embalagens sintéticas disponíveis, aliados à geração de resíduos, têm impulsionado pesquisas relacionadas ao desenvolvimento de embalagens biodegradáveis (Silva, 2021).

Os polímeros biodegradáveis surgiram como uma abordagem alternativa para muitas aplicações industriais, visando controlar os riscos causados pelos plásticos não biodegradáveis (Shaikh; Yaqoob; Aggarwal, 2021). Os biopolímeros derivados de fontes renováveis, provenientes de plantações em larga escala, têm se tornado cada vez mais populares, como, por exemplo, o amido que é uma matéria prima abundante, não tóxica, biodegradável e de baixo custo de produção (Luchese, 2018).

O estudo de Almeida (2021) abordou uma questão problemática decorrente da pandemia da COVID-19: o alto consumo de embalagens plásticas no SND de um hospital e o impacto gerado por essa forma de servir os alimentos. Por outro lado, a autora apresentou alternativas para substituir as embalagens descartáveis mais utilizadas pela instituição, fornecendo dados sobre embalagens biodegradáveis disponíveis no mercado brasileiro, que poderiam substituir as embalagens atualmente adotadas pelo serviço de nutrição e dietética do hospital do Rio Grande do Sul. Dentre as embalagens apresentadas, algumas opções sugeridas foram as embalagens de papel e de biobagaço da cana.

2.9 DESAFIOS ACERCA DA PRODUÇÃO E DESCARTE DE EMBALAGENS BIODEGRADÁVEIS

A produção de embalagens biodegradáveis enfrenta alguns desafios que precisam ser abordados para garantir sua eficácia e sustentabilidade. Um dos principais desafios é que a produção de embalagens biodegradáveis muitas vezes requer o uso de matérias-primas específicas. Essas matérias-primas podem ser menos disponíveis e mais caras, em comparação com os materiais tradicionais, o que pode aumentar os custos de produção e limitar a adoção em larga escala (Albertsson; Hakkarainen, 2017).

Há também uma falta de padronização na regulamentação das embalagens biodegradáveis, visto que existem normas técnicas, indicadas pela rotulagem ambiental ou selo verde, porém não há obrigatoriedade de rotulagem específica neste âmbito. Atualmente, não existe uma definição universalmente aceita do que significa ser biodegradável, o que leva a confusões e alegações enganosas por parte dos fabricantes. Isso dificulta a identificação e escolha de embalagens verdadeiramente biodegradáveis pelos consumidores (Silva, 2021).

Outro desafio é a necessidade de infraestrutura adequada para a decomposição das embalagens biodegradáveis. Embora essas embalagens sejam projetadas para se decompor naturalmente, isso só ocorre em condições específicas, como a presença de microorganismos e umidade. Se as embalagens biodegradáveis forem descartadas em aterros sanitários ou em ambientes onde essas condições não são atendidas, elas podem levar muito tempo para se decompor ou até mesmo não se degradar completamente (Atlas do Plástico, 2020).

Além disso, a produção em larga escala de embalagens biodegradáveis pode ter impactos ambientais significativos, especialmente se forem necessárias grandes quantidades de energia e recursos naturais para sua fabricação. No contexto de economia circular, é essencial considerar o ciclo de vida completo das embalagens biodegradáveis, desde a extração de matérias-primas até o descarte adequado, a fim de minimizar seu impacto ambiental (Silva, 2021; Karaski, *et al.*, 2010).

Para enfrentar estes desafios, é necessário investir em pesquisa e desenvolvimento de novos materiais e tecnologias que tornem as embalagens biodegradáveis mais eficientes e acessíveis. Além disso, é fundamental estabelecer regulamentações claras e padronizadas para garantir a veracidade das alegações de biodegradabilidade e promover de fato a sustentabilidade (Silva, 2021).

3

Justificativa

3 JUSTIFICATIVA

No Serviço de Nutrição e Dietética (SND) de um grande hospital do Rio Grande do Sul, o uso de embalagens plásticas descartáveis é um dos métodos de acondicionamento das refeições distribuídas aos pacientes. Essa prática, que tem sido adotada por diversos motivos e é muito utilizada nas unidades de alimentação e nutrição dos hospitais, como destacado por Almeida em seu estudo de 2021.

Diante do atual contexto, torna-se imprescindível a coleta de dados acerca dos principais tipos de embalagens plásticas descartáveis utilizadas pelo SND desta instituição. Ademais, é de suma importância compreender de que forma essas embalagens são empregadas, levando em consideração os potenciais aspectos toxicológicos implícitos destes componentes que podem migrar para os alimentos. Essa preocupação se constitui como a principal motivação por trás da realização deste estudo, que busca investigar e analisar essa temática de grande relevância não apenas para indivíduos saudáveis, mas também para os enfermos.

4

Objetivos

4 OBJETIVOS

4.1 – OBJETIVO GERAL

Avaliar o uso de embalagens plásticas produzidas a partir de materiais preocupantes do ponto de vista toxicológico pelo Serviço de Nutrição e Dietética (SND) de um hospital do Rio Grande do Sul.

4.2 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar os processos do uso diário de embalagens plásticas nas refeições de um Hospital do Rio Grande do Sul;
- Identificar as embalagens e situações de uso que apresentam preocupação toxicológica;
- Propor alternativas ambientalmente sustentáveis para a redução ou substituição das embalagens plásticas que apresentam constituintes preocupantes do ponto de vista toxicológico, bem como sugerir mudanças nos métodos de acondicionamento dos alimentos nestes recipientes.

5

Materiais e Métodos

5 MATERIAIS E MÉTODOS

Essa pesquisa consiste em um estudo de caso, de caráter descritivo, com coleta de dados.

5.1 COLETA DE DADOS

A coleta de dados foi realizada através da plataforma AghUse, um sistema informatizado onde encontram-se as Informações Gerenciais (IG). É um *software* abrangente desenvolvido pelo próprio hospital, registrado com a licença pública geral (LPG). Foram analisadas as informações das fichas técnicas das preparações dos alimentos, para verificar a quantidade em gramas e percentual de gordura dos alimentos, juntamente com os dados das quantidades, tipos de plásticos utilizados para acondicionamento dos alimentos e também os custos destes, através dos descritivos de compras disponíveis. Para questões mais pontuais, como processos de produção e distribuição de alimentos específicos, considerados componentes com alto potencial de migração, foram utilizados fluxogramas, para determinação dos possíveis pontos críticos.

Outras informações, como por exemplo, condições de tempo e temperatura dos alimentos, foram reunidas através de formulário específico. Foi elaborada uma tabela para controle das temperaturas dos equipamentos e dos alimentos vinculados ao uso dos plásticos escolhidos. Os dados foram coletados por 13 meses, no período de dezembro de 2022 a dezembro de 2023 e as informações compiladas em planilhas. Uma temperatura média foi estimada tanto para os alimentos, quanto para os equipamentos nos quais as embalagens eram aquecidas ou acondicionadas.

5.2 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO

Das embalagens analisadas, foram selecionadas as mais preocupantes do ponto de vista toxicológico, entre situações que podem potencializar a migração de compostos das embalagens, incluindo a sua utilização em alimentos com alto teor lipídico e sob altas temperaturas.

Foram excluídas as seguintes embalagens: pote plástico transparente com tampa descartável (PS), copo plástico descartável com tampa (PEBD) e pote

retangular em PET transparente, pois não são submetidos a temperaturas elevadas. Além da embalagem para alimento em polipropileno (PP) que não representa maiores riscos de lixiviação de componentes para o alimento.

Outros produtos plásticos utilizados pelo SND não foram incluídos neste estudo pois não eram relevantes às condições requeridas, não representavam utilização como embalagem de alimento ou não apresentavam constituintes preocupantes do ponto de vista toxicológico. São eles: saco plástico para talher, saco plástico para pão, colheres, garfos e facas descartáveis, seringas e frascos para alimentação enteral.

5.3 UTILIZAÇÃO E ANÁLISE DE DADOS

Os dados coletados foram transcritos para o software Microsoft Excel© 2010 e verificados em frequências absolutas, médias e percentuais, permitindo uma comparação com as informações da literatura.

Referências

REFERÊNCIAS

ABIPLAST - Associação Brasileira da Indústria do Plástico. **A Indústria de Transformação e Reciclagem de Plástico no Brasil**, 2022. Disponível em: <https://www.abiplast.org.br/wp-content/uploads/2023/09/perfil_2022_pt.pdf> Acesso em: 21 dez. 2023.

AGHUSE - **Aplicativo de Gestão para Hospitais Universitários**. Hospital de Clínicas de Porto Alegre. Porto Alegre, 2022. Disponível em: <https://sites.google.com/hcpa.edu.br/aghuse/hist%C3%B3ria-do-aghuse>. Acesso em: 19 abr. 2022.

AJAJ, A. *et al.* An Insight into the Growing Concerns of Styrene Monomer and Poly(Styrene) Fragment Migration into Food and Drink Simulants from Poly(Styrene) Packaging. **Foods**. Basel, Switzerland. v. 10, n. 5 1136 p. May. 2021, doi:10.3390/foods10051136 Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8160766/>. Acesso em: 22 dez. 2023.

ALBERTSSON, A. C.; HAKKARAINEN, M. **Designed to degrade**. Science358,872-873(2017). São Paulo, v. 3, n. 2, p. 239-246, mar./abr. 2018. DOI:10.1126/science.aap8115. Acesso em: 4 set. 2023.

ALMEIDA, S. L. **Consumo de embalagens plásticas em serviço de nutrição de um hospital universitário: avaliação de consumo antes e durante a pandemia por covid-19**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, 2021. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/233358/001135077.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 24 mar. 2022.

ANDRADE, A. P. *et al.* Contaminação de alimentos pela migração de componentes de embalagens: Casos de ocorrência. **Research, Society and Development**. 2021. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/download/11411/11403/167335#:~:text=Contamina%C3%A7%C3%A3o%20de%20alimentos%20atrav%C3%A9s%20da,de%20contamina%C3%A7%C3%A3o%20dos%20produtos%20aliment%C3%ADcios>. Acesso em: 24 mar. 2022.

ANVISA. **Materiais em contato com alimentos**. Gerência Geral de Alimentos. Gerência de Avaliação de Risco e Eficácia de Alimentos. 5ª edição Brasília, 06 de março de 2020. Disponível em: <http://bibliotecadigital.anvisa.gov.br/jspui/handle/anvisa/204>. Acesso em: 25 mar. 2022.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 216**, de 15 de setembro de 2004. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2004/res0216_15_09_2004.html Acesso em: 11 fev. 2024.

- ARTHUR, C.; BAKER, J.; BAMFORD, H. Proceedings of the international research workshop on the occurrence, effects and fate of microplastic marine debris, Sept 9–11, 2008; **National Oceanic and Atmospheric Administration**: 2009. Disponível em: https://repository.library.noaa.gov/view/noaa/2509/noaa_2509_DS1.pdf
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **ABNT NBR 13230:2008** - Embalagens e acondicionamento - plásticos recicláveis: Identificação e simbologia. Rio de Janeiro, 2008.
- ATLAS DO PLÁSTICO. Fatos e números sobre o mundo dos polímeros sintéticos. **Fundação Heinrich Böll**. ISBN / DOI 978-65-87665-02-3. Nov. 2020. Disponível em: <https://br.boell.org/pt-br/2020/11/29/atlas-do-plastico>. Acesso em: 22 mar. 2022.
- AZEREDO, H. M. C. de (ed.). **Fundamentos de estabilidade de alimentos**. 2. ed. rev. ampl. Brasília, DF: EMBRAPA, 2012. 326 p.
- BANTON, M.I. *et al.* (2019) **Evaluation of potential health effects associated with occupational and environmental exposure to styrene** – an update, *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B*, 22:1-4, 1-130, DOI: 10.1080/10937404.2019.1633718
- BARROS, H. D. **Estudo da exposição do consumidor aos plastificantes ftalato e adipato de di-(2-etil-hexila) adicionados a filmes de PVC, utilizados para acondicionamento de alimentos gordurosos**. 2010. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/8243>. Acesso em: 20 abr. 2022.
- BASSO, C. G. **Exposição a desreguladores endócrinos e desfechos reprodutivos em pacientes submetidas a tratamento de reprodução assistida**. 2022. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/80957> acesso em 12 jan. 2023.
- BAZILIO, F. S. **Determinação da migração específica dos plastificantes ftalato de di-(2-etilhexila) e adipato de di-(2-etil-hexila) de filmes flexíveis de PVC para alimentos gordurosos: validação de método e controle sanitário do filme flexível de PVC**. 2014. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/7882>. Acesso em: 20 abr. 2022.
- BRASIL - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 17 de 17 de março de 2008. Dispõe sobre Regulamento Técnico sobre lista positiva de aditivos para materiais plásticos destinados à elaboração de embalagens e equipamentos em contato com alimentos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2008/res0017_17_03_2008.html Acesso em: 28 mar. 2022.
- BRASIL - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 91, de 11 de maio de 2001. Aprova o regulamento técnico - Critérios gerais e classificação de materiais de embalagens e equipamentos em contato com alimentos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2001/rdc0091_11_05_2001.html. Acesso em: 28 mar. 2022.

BRASIL - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC Nº 589, DE 20 DE DEZEMBRO DE 2021. Altera a Resolução nº 105, de 19 de maio de 1999, que aprova as disposições gerais para embalagens e equipamentos plásticos em contato com alimentos [...]. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Disponível em: https://ses.sp.bvs.br/wp-content/uploads/2021/12/U_RS-MS-ANVISA-RDC-589_201221.pdf. Acesso em: 21 dez. 2023.

BRASIL - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 56, DE 16 de novembro de 2012. Dispõe sobre a lista positiva de monômeros, outras substâncias iniciadoras e polímeros autorizados para a elaboração de embalagens e equipamentos plásticos em contato com alimentos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal, 2019. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2012/rdc0056_16_11_2012.pdf. Acesso em: 28 mar. 2022.

BRASIL - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 326, de 3 de dezembro de 2019. Estabelece a lista positiva de aditivos destinados à elaboração de materiais plásticos e revestimentos poliméricos em contato com alimentos e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal, 2019. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-da-diretoria-colegiada-rdc-n-326-de-3-de-dezembro-de-2019-231272617>. Acesso em: 28 mar. 2022.

BRASKEM. **O Plástico no Planeta**: O uso consciente torna o mundo mais sustentável. São Paulo: Braskem, 2012. Disponível em: https://www.braskem.com.br/download/Principal/21103?file=Cartilha_Braskem.pdf. Acesso em: 20 mar. 2023

CETEA - Centro de Tecnologia de Embalagem. GARCIA, E. E. C. **PS, XPS E EPS para contato com alimentos**, 2017. Disponível em: http://www.plastivida.org.br/estudos/PS_XPS_EPS_Alimentos.pdf

CFR - CODE OF FEDERAL REGULATIONS. Title 21. Part 177. Sec. 177.1640 – Polystyrene and rubber-modified polystyrene. C2023. Disponível em: <https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/CFRSearch.cfm?fr=177.1640>. Acesso em 25 dez. 2023.

EFSA - Panel on Food Contact Materials, Enzymes and Processing Aids (CEP); Silano V. *et al.* Assessment of the impact of the IARC Monograph Vol. 121 on the safety of the substance styrene (FCM No 193) for its use in plastic food contact materials. **EFSA J.** e06247, 2020. doi: 10.2903/j.efsa.2020.6247.

FRAGNIÈRE, C. *et al.* A short study on the formation of styrene in cinnamon. **Mitt Lebensm Hyg**, v.94, n.6, p.609-620. 2003. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Vincent-Dudler/publication/285850096_A_short_study_on_the_formation_of_styrene_in_cinnamon/links/566aa26308ae430ab4f7cba2/A-short-study-on-the-formation-of-styrene-in-cinnamon.pdf. Acesso em: 23 dez. 2023.

- FULLER, R. *et al.* Pollution and health: a progress update. *The Lancet. Planetary health*, v. 6, n.6, 2022. e535-e547. DOI:10.1016/S2542-5196(22)00090-0. Disponível em: [https://www.thelancet.com/journals/lanplh/article/PIIS2542-5196\(22\)00090-0/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lanplh/article/PIIS2542-5196(22)00090-0/fulltext). Acesso em 12 fev. 2024.
- GUAZZOTTI, V. *et al.* Styrene Monomer Levels in Polystyrene-Packed Dairy Products from the Market versus Simulated Migration Testing. *Foods*, v.12(13), Jul. 2023. DOI: 10.3390/foods12132609. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10340134/>. Acesso em: 23 dez. 2023.
- HARTMANN, N. B. *et al.* Are We Speaking the Same Language? Recommendations for a Definition and Categorization Framework for Plastic Debris. *Environmental Science & Technology*, 2019 v.53, n.3, p.1039-1047. DOI:10.1021/acs.est.8b05297
- HASSAN F. M. *et al.* Plastic use for food and drinks and related knowledge, attitudes, and practices among a sample of Egyptians. *Front Public Health*, v.11 Sep. 2023. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1146800>. Acesso em: 23 dez. 2023.
- HEATHER, A. L. *et al.* Discovery and quantification of plastic particle pollution in human blood, *Environment International*, v. 163, Mai. 2022. 107199 ISSN 0160-4120, <https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107199>.
- IARC. **Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans**: v. 77, 2000. Disponível em: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol77/mono77-7.pdf>.
- IARC. **Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans**. v. 97. 2008. Disponível em: <https://publications.iarc.fr/115>. Acesso em: 20 abr. 2022.
- IARC. **Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans**: List of Classifications, 2014. Disponível em: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/ClassificationsAlphaOrder.pdf>.
- IARC. **Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans**. v. 121. 2019. Disponível em: https://publications.iarc.fr/_publications/media/download/6060/5894fec08d186b0eb1a24cfa93db2cd97dc2eb2c.pdf. Acesso em: 20 abr. 2022.
- KARASKI, U. T. *et al.* **Embalagem e sustentabilidade**: desafios e orientações no contexto da economia circular. São Paulo: CETESB, 2010. Disponível em: https://www.cetesb.sp.gov.br/media/embalagem_sustentabilidade.pdf acesso em: 28 dez. 2023.
- KONTOU, S.; DESSIPRI, E.; LAMPI E. Determination of styrene monomer migrating in foodstuffs from polystyrene food contact articles using HS-SPME-GC-MS/MS: Results from the Greek market, *Food Additives & Contaminants: Part A*, v.39 n.2, p.415-427, 2022. DOI: 10.1080/19440049.2021.2005830
- LIU, R.H. Health Benefits of Phytochemicals in Whole Foods. 2012. In: Temple, N., Wilson, T., Jacobs, Jr., D. (eds) Nutritional Health. **Nutrition and Health**. Humana

Press, Totowa, NJ. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-1-61779-894-8_13. Acesso em: 28 mar. 2022.

LOPEZ P. *et al.* Efficiency of whole and skimmed powdered milk for trapping volatile compounds released from plastic containers in high-temperature applications. **Journal of Food Protection**, v.71, n.9, p. 1889-1897, 2008. DOI: 10.4315/0362-028X-71.9.1889
Acesso em: 01 jan. 2024.

LUCHESE, C. L. **Desenvolvimento de embalagens biodegradáveis a partir de amido contendo subprodutos do processamento de alimentos**. 2018. 226 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química). Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/178251>. Acesso em: 01 jan. 2024.

MARINS, B. R.; TANCREDI, R. C. P.; GEMAL, A. L. (Org.). **Segurança alimentar no contexto da vigilância sanitária: reflexões e práticas**. Rio de Janeiro: EPSJV, 2014. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/8649>. Acesso em: 01 jan. 2024.

MARTINAZZO, J. *et al.* Embalagens ativas: uma tecnologia promissora na conservação de alimentos. **Brazilian Journal of Food Research**, Campo Mourão, v. 11, n. 2, p. 171-194, abr./jun. 2020. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rebrapa>. Acesso em 22 mar. 2022.

MONTEIRO, M.; GOTARDO, M. A. "Ftalato de di-(2-etilexila) (DEHP) em bolsas de PVC para soluções parenterais de grandes volumes." **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada**. v. 26, n. 1, p. 9-18, Jan. 2005. Disponível em: <https://rcfba.fcfar.unesp.br/index.php/ojs/article/view/606>. Acesso em: 29 dez. 2023.

ORTIZ, T. H. *et al.* Um ano de pandemia: experiência do Serviço de Nutrição e Dietética de um hospital de referência para atendimento de covid-19. **Clinical and Biomedical Research**, [S. l.], v. 42, n. 1, 2022. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/hcpa/article/view/114536>. Acesso em: 5 jan. 2024.

PILEVAR, Z. *et al.* Migration of styrene monomer from polystyrene packaging materials into foods: Characterization and safety evaluation. **Trends in Food Science and Technology** v. 91, pp. 248-261, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.07.020>. Acesso em: 04 jan. 2022.

RAGUSA A. *et al.* Plasticenta: First evidence of microplastics in human placenta, **Environment International**, v. 146, Jan. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106274>.
Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412020322297>. Acesso em: 05 fev. 2024

RAJAGOPALAN, A.; AL-KINDI, S. G.; BROOK, R. D. Air Pollution and Cardiovascular Disease: JACC State-of-the-Art Review, **Journal of the American College of Cardiology**, v. 72, n.17, 2018, p. 2054-2070, ISSN 0735-1097. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2018.07.099>. Acesso em 12 fev. 2024.

- ROCHA, J. MENDES, A. P. Materiais em Contacto com os Alimentos – Plástico na Alimentação: Uma Ameaça? **Acta Portuguesa de Nutrição**, v. 17, p. 28-33, 2019. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.21011/apn.2019.1705>. Acesso em: 25 mar. 2022.
- ROTCHHELL J. M. *et al.* Detection of microplastics in human saphenous vein tissue using μ FTIR: A pilot study. **PLoS One**, v. 18, n.2, Feb. 2023. e0280594. doi:10.1371/journal.pone.0280594. PMID: 36724150; PMCID: PMC9891496.
- SCHWABL, P. *et al.* Detection of Various Microplastics in Human Stool: A Prospective Case Series. **Ann Intern Med**. v. 171, n. 7, p. 453-457, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.7326/M19-0618>. Acesso em: 5 jan. 2024.
- SHAIKH, S.; YAQOOB, M.; AGGARWAL, P. An overview of biodegradable packaging in food industry. **Current Research in Food Science**, v. 4, p. 503-520, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2021.07.005>. Acesso em: 04 jan. 2022.
- SHARMA, S. *et al.* Essential Oils as Additives in Active Food Packaging. **Food Chemistry**, v. 343, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128403>. Acesso em: 25 mar. 2022.
- SILVA, M. E. D. (org.) **Interfaces entre desenvolvimento, meio ambiente e sustentabilidade**, v. 2. Ponta Grossa: Atena, 2021. E-book. 41 p. DOI: 10.22533/at.ed.601211103 Disponível em: https://www.academia.edu/45538560/Interfaces_entre_Desenvolvimento_Meio_Ambiente_e_Sustentabilidade_2. Acesso em: 25 dez. 2023.
- SINDIPLAST - Sindicato da Indústria de Material Plástico. **Tipos de plásticos**. São Paulo, SP: SINDIPLAST, c2024. Disponível em: <http://www.sindiplast.org.br/tipos-de-plasticos/> Acesso em: 25 mar. 2023.
- STARTIN, J. R. *et al.* Migration from plasticized films into foods. 1. Migration of di-(2-ethylhexyl)adipate from PVC films during home-use and microwave cooking. **Food additives and contaminants**, v. 4, n. 4, p. 385–398, 1987. <https://doi.org/10.1080/02652038709373647>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/epdf/10.1080/02652038709373647?needAccess=true> e Acesso em: 25 mar. 2022.
- STRASBURG, V. J. *et al.* Variação de temperaturas de alimentos quentes observadas com diferentes tipos de termômetro. **Salão de Ensino** (8: 2012 out 1-5 : UFRGS, Porto Alegre, RS, 2012).
- SULONG, N. H. R.; MUSTAPA S. A S.; RASHID, M. K. A. Application of expanded polystyrene (EPS) in buildings and constructions: A review. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 136, n. 20, Mai. 2019. DOI: 10.1002/app.47529. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/app.47529>. Acesso em: 5 jan. 2024.

TANG, W.; HEMM, I.; EISENBRAND, G. Estimation of human exposure to styrene and ethylbenzene. **Toxicology**, v. 144, n. 1-3, p. 39-50, Apr. 2000.

DOI:10.1016/S0300-483X(99)00188-2. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0300483X99001882?via%3Dihub> Acesso em: 19 dez. 2023.

U.S.EPA. **Integrated Risk Information System - Di(2-ethylhexyl) adipate**. 2012.

Disponível em: <http://www.epa.gov/iris/subst/0420.htm>.

VELOSO, R. R. *et al.* Use of Packaging Associated With Food Consumption

Practices in the SARS-CoV-2. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 3,

e44611326799, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i3.26799>. Acesso em:

19 dez. 2023.

WICK, P. *et al.* "Barrier capacity of human placenta for nanosized materials."

Environmental health perspectives, v. 118, n. 3, p. 432-436, Mar. 2010.

doi:10.1289/ehp.0901200. Acesso em 05 fev. 2024.