

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**  
**FACULDADE DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS**  
**Curso de Graduação em Farmácia-Bioquímica**

***UPCYCLING* NA INDÚSTRIA DE COSMÉTICOS**

**Júlia Corigliano Aicardi**

Trabalho de Conclusão do Curso de  
Farmácia-Bioquímica da Faculdade de  
Ciências Farmacêuticas da  
Universidade de São Paulo.

Orientadora:

Profa. Dra. Irene Satiko Kikuchi

São Paulo

2023

## SUMÁRIO

	Pág.
Lista de Abreviaturas	1
RESUMO	2
ABSTRACT	3
Relação de Tabelas	4
1. INTRODUÇÃO	5
1.1 Mercado de Cosméticos	5
1.1.1 Impactos da produção global no meio ambiente	6
1.2 Economia Circular	10
1.2.1 Economia circular na indústria de cosméticos	11
2. OBJETIVOS	12
3. MATERIAIS E MÉTODOS	12
4. RESULTADOS	13
4.1 Potencial do <i>upcycling</i>	13
4.2 Indústria Alimentícia	14
4.2.1 Compostos de origem vegetal	15
4.2.2 Compostos de origem animal	25
4.2.3 Métodos de extração de compostos bioativos	27
4.3 Ecossistema marinho	28
4.3.1 Algas marinhas	28
4.3.2 Reaproveitamento de resíduos marinhos	30
5. DISCUSSÃO	31
6. CONCLUSÃO	34
7. BIBLIOGRAFIA	35

**LISTA DE ABREVIATURAS**

CAGR	<i>Compound Annual Growth Rate</i>
CAV	Composto de Alto Valor
CB	Composto Bioativo
COVID-19	<i>Coronavirus Disease 2019</i>
ERO	Espécie Reativa de Oxigênio
EDTA	Ácido Etilenodiamino Tetracético
FPS	Fator de Proteção Solar
HPPC	Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos
LCA	<i>Life Cycle Assessment</i>
LCT	<i>Life Cycle Thinking</i>
MITF	<i>Microphthalmia-associated Transcription Factor</i> ou Fator de Transcrição Associado à Microftalmia
MP	Matéria-prima
NMF	<i>Natural Moisturizing Factor</i> ou Fator de Hidratação Natural
UV	Ultravioleta

## RESUMO

AICARDI, J.C. *Upcycling na Indústria de Cosméticos*. 2023. no. f. Trabalho de Conclusão de Curso de Farmácia-Bioquímica – Faculdade de Ciências Farmacêuticas – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2023.

Palavras-chave: [*Upcycling*; Cosméticos; Resíduos; Compostos de Alto Valor]

**INTRODUÇÃO:** O mercado de cosméticos tem grande relevância na produção global, com alto consumo de matérias-primas e geração de resíduos, além da liberação de gases de efeito estufa pelo uso de energia não renovável. O desenvolvimento de tecnologias que eliminem ou reduzam o uso de fontes esgotáveis e diminuam a produção de resíduos faz-se necessário. De forma análoga, esses objetivos fazem parte dos pilares do desenvolvimento da Economia Circular, que visam “eliminar desperdício e poluição, circular produtos e materiais com maior valor agregado comercial e regenerar a natureza” (Ellen MacArthur Foundation, 2019). Algumas das maneiras para transição de economia linear para circular são as tecnologias e processos de *Upcycling*, que consistem na conversão de resíduos de uma indústria em produtos e/ou matéria-prima de alto valor agregado para outro setor. Dessa forma, o desenvolvimento de tecnologias de *Upcycling* para a indústria de cosméticos torna-se essencial para auxiliar na preservação do meio ambiente e na manutenção da qualidade de vida de comunidades dependentes de diferentes ecossistemas, além de oferecer inovação para os consumidores dos mais diversos produtos da categoria. **OBJETIVOS:** Nessa revisão bibliográfica busca-se definir o contexto atual da extração e uso de compostos de alto valor através de *Upcycling* na indústria de cosméticos, apontando as principais inovações no mercado e em desenvolvimento. Visa-se também estabelecer os impactos e benefícios trazidos por essas tecnologias para o meio-ambiente, além de como contribuem para o cenário de fomento à sustentabilidade na indústria de cosméticos. **MÉTODO:** As bases de dados como *SciELO*, *PubMed* e *Web of Science* foram utilizadas para a pesquisa e elaboração do trabalho, focando nos artigos científicos publicados entre os anos de 2010 e 2023, escritos em português e em inglês, limitados àqueles que abordaram a indústria de cosméticos e descartando os resultados que envolveram indústrias químicas e farmacêuticas. **RESULTADOS E CONCLUSÕES:** A partir de fontes naturais, como resíduos alimentares de origens vegetal e animal, algas marinhas e resíduos plásticos dos oceanos, pode-se reaproveitar variados compostos de interesse para a indústria de cosméticos, desde ingredientes para formulação até matérias-primas para embalagens. Resultados apontam que a integração dessas tecnologias a produtos cosméticos traz benefícios socioambientais, em alinhamento com os princípios da economia circular. No entanto, por se tratar de compostos e técnicas recentes, ainda são necessários estudos e análises de ciclo de vida e impacto ambiental para garantir segurança, eficácia e qualidade. Além disso, de forma a não lesar o consumidor frente a termos ambíguos de estratégias de *marketing*, devem ser estabelecidos critérios e regulamentações para assegurar a divulgação de informações verdadeiras sobre os cosméticos sustentáveis nas mídias e embalagens dos produtos.

## ABSTRACT

Keywords: [Upcycling; Cosmetics; Waste; High-Value Compounds]

**INTRODUCTION:** The cosmetics market has great relevance in global production, with high consumption of raw materials and generation of waste, in addition to the release of greenhouse gases due to the use of non-renewable energy. The development of technologies that eliminate or reduce the use of exhaustible sources and reduce waste production is necessary. Similarly, these goals are part of the pillars of the development of the Circular Economy, which aim to “eliminate waste and pollution, circulate products and materials with greater commercial added value and regenerate nature” (Ellen MacArthur Foundation, 2019). Some of the ways to transition from a linear to a circular economy are Upcycling technologies and processes, which consist of converting waste from one industry into products and/or raw materials with high added value for another sector. Therefore, the development of Upcycling technologies for the cosmetics industry becomes essential to help preserve the environment and maintain the quality of life of communities dependent on different ecosystems, in addition to offering innovation for consumers of the most diverse products of the category. **OBJECTIVES:** This bibliographic review seeks to define the current context of the extraction and use of high-value compounds through Upcycling in the cosmetics industry, pointing out the main innovations in the market and in development. It also aims to establish the impacts and benefits brought by these technologies to the environment, in addition to how they contribute to the scenario of promoting sustainability in the cosmetics industry. **METHOD:** Databases such as SciELO, PubMed and Web of Science were used for research and preparation of the work, focusing on scientific articles published between 2010 and 2023, written in Portuguese and English, limited to those that addressed the cosmetics industry and discarding the results that involved chemical and pharmaceutical industries. **RESULTS AND CONCLUSIONS:** From natural sources, such as food waste of plant and animal origin, seaweed and plastic waste from the oceans, it is possible to reuse a variety of compounds of interest in the cosmetics industry, from ingredients for formulations to raw materials for packaging. Results indicate that the integration of these technologies into cosmetic products brings socio-environmental benefits, in alignment with the principles of the circular economy. However, as these are recent compounds and techniques, life cycle and environmental impact studies and analysis are still necessary to ensure safety, efficacy and quality. Furthermore, in order not to harm the consumer when faced with ambiguous terms in marketing strategies, criteria and regulations must be established to ensure the dissemination of true information about sustainable cosmetics in the media and product packaging.

## RELAÇÃO DE TABELAS

Tabela 1 – Categorias de ingredientes utilizados em formulações cosméticas e suas respectivas funções.

Tabela 2 – Principais compostos de alto valor em subprodutos do processamento de alimentos de fonte vegetal e suas propriedades em produtos cosméticos.

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1 MERCADO DE COSMÉTICOS

Apesar dos danos causados pela pandemia de COVID-19 aos índices de crescimento do mercado de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos (HPPC) entre os anos de 2020 e 2022, o setor se recupera de forma rápida, sendo avaliado em USD 536.47 bilhões globalmente em 2022, com taxa de crescimento anual composta (CAGR) estipulada em 4,76% até 2026 (STATISTA MARKET FORECAST, 2023). As categorias do setor apresentaram taxas de crescimento diferentes entre 2021 e 2022, sendo Cosméticos a classe com maior recuperação (15,2%), seguido por Perfumaria (5,7%), *Skincare* (5,2%) e Cuidados Pessoais (1,1%) (STATISTA MARKET FORECAST, 2023). As vendas mais afetadas durante o período de pandemia foram de produtos cosméticos, como maquiagens, esmaltes e tinturas para cabelo, devido a menor necessidade de sair de casa, enquanto as demais categorias tiveram seu consumo menos impactado (GERSTELL *et al.*, 2020). No primeiro semestre de 2022, observou-se comportamento semelhante no Brasil, com crescimento de 10% no setor de HPPC em relação ao mesmo período do ano anterior (ABIHPEC, 2022). Devido à grande relevância do Brasil na indústria de cosméticos mundial, sendo o quarto maior mercado consumidor global e estando em segundo lugar no ranking de países que mais lançam produtos do setor anualmente (ABIHPEC, 2022), a retomada do crescimento de seus índices é de extrema importância para a economia de diversos outros países. Analisando as importações e exportações de produtos da categoria no Brasil, é possível observar que a América Latina é o território mais afetado pelo setor de HPPC brasileiro e o que apresenta maior interesse por artigos de origem brasileira (ABIHPEC, 2022).

Perante o cenário da pandemia, o consumidor global passou a procurar produtos que comunicassem bem-estar, sustentabilidade e limpeza. Seja pelo uso de ingredientes de origem natural ou pela transparência na constatação dos benefícios do produto, a comunicação das marcas passou a enfatizar mais a saúde do consumidor e do meio-ambiente, com embalagens minimalistas e mais sustentáveis, além de reforçar a ideia de pureza e segurança em seus produtos (ABIHPEC, 2020). De modo geral, a pandemia

ressaltou a necessidade do consumo social e ambientalmente consciente (CHOI; SEONG HUN KIM; LEE, 2022), resultando em maior busca por marcas e produtos alinhados com esses valores. A conscientização também abrangeu o aspecto econômico, onde pôde-se observar a redução do número de itens de beleza na rotina do consumidor e a preferência por produtos mais práticos e com mais benefícios (KANTAR, 2022). Os motivos mais citados por consumidores da América Latina para a escolha de produtos de cuidado pessoal com ingredientes naturais incluem: ser melhor para a saúde (35%) e ser melhor para o meio-ambiente (27%) (KANTAR, 2022). A nível global, 56% da população escolhe produtos de cuidado pessoal com ingredientes de origem natural (KANTAR, 2022).

Fica evidente a oportunidade que as marcas têm de explorar essa demanda por produtos mais sustentáveis, transparentes e funcionais, de modo a ganhar vantagem competitiva em um setor cada vez mais saturado (FRANCA; UENO, 2020). Marcas que alegam ter produtos mais sustentáveis apresentam maior fidelidade dos consumidores (PARAMITA, E. L.; SAPUTRI, I. A., 2022; CERVELLON, M.; CAREY, L., 2011). Apesar disso, como não há definição oficial e legal para o termo “sustentável”, produtos que contam com ingredientes naturais, de origem natural, orgânicos e/ou de origem orgânica não necessariamente são mais ecológicos, pois podem não ter sido desenvolvidos pensando em reduzir seus impactos ambientais (BOM *et al.*, 2019). Portanto, é necessário que a disseminação das informações sobre os produtos acompanhe o processo de inserção de cosméticos verdes à cultura de consumo atual, de modo a não enganar e/ou lesar o consumidor.

### 1.1.1 Impactos da produção global no meio ambiente

A escala da indústria de cosméticos pode ser compreendida pelas proporções dos diversos setores criados por ela: o setor de matéria-prima para cosméticos foi avaliado em cerca de USD 25.5 bilhões em 2021, com CAGR de 3.7% até 2028 (BUSINESS RESEARCH INSIGHTS, 2023), o que indica alto valor agregado dos ingredientes e uso de grandes quantidades de matérias-primas (MPs) nos produtos de HPPC. Seja a MP de

origem natural (obtida a partir de recursos finitos ou renováveis) ou de origem sintética, os processos de extração, purificação e síntese utilizam recursos como água e energia, e geram resíduos que precisam ser descartados da maneira correta, reforçando o potencial impacto no meio ambiente (SECCHI *et al.*, 2016). Desse modo, a escolha dos ingredientes da formulação e sua disponibilidade de fornecimento são fatores intrínsecos à definição do grau de sustentabilidade do produto a ser criado (BOM *et al.*, 2019).

No entanto, a geração de resíduos não está unicamente atrelada à fase de escolha e obtenção de MPs, mas também ao desenvolvimento do produto por completo, o que compreende as etapas de *design*, produção, embalagem, distribuição, uso e pós-consumo (BOM *et al.*, 2019). Os resíduos gerados podem ser sólidos, como no caso dos tambores de óleo para a obtenção de MPs e embalagens de origem petroquímica, ou contaminantes de solo e corpos d'água, como os microplásticos, polímeros e tensoativos de produtos de cuidados pessoais e suas embalagens, que quando liberados na natureza por sistemas de tratamento de água ineficientes, podem causar prejuízos imensuráveis aos organismos aquáticos e outros seres desse ecossistema (CUBAS *et al.*, 2020); (NGUYEN *et al.*, 2022; SANTOS *et al.*, 2021; PAL, K. C., 2022). Outra forma que a indústria de cosméticos impacta o meio ambiente é através da liberação de gases de efeito estufa pelo elevado uso de energia de fontes não renováveis e pelo consumo de água na maioria dos processos produtivos (MIKRONI *et al.*, 2022; AGUIAR *et al.*, 2022). Tecnologias e metodologias têm sido desenvolvidas visando reduzir o uso de energia quando possível, como a implementação do processo de emulsificação a frio para formulações cosméticas hidratantes, ou trazer mais eficiência para processos em que o uso de energia é indispensável, através do monitoramento eletrônico constante de todas as etapas, evitando desperdícios e possíveis falhas (RAPOSO *et al.*, 2013; BRESFELEAN; RES; COMES, 2015).

Devido à grande variedade de produtos que englobam a categoria de HPPC, as formulações cosméticas podem receber inúmeros ingredientes dependendo da funcionalidade e qualidades sensoriais que se deseja atribuir ao produto. Assim, para a escolha de todas as MPs, deve ser feito um estudo, visando a redução dos potenciais

impactos ao meio ambiente. As categorias de componentes de uma formulação cosmética estão representadas na Tabela 1, onde fica evidente a vasta gama de possibilidades para aplicação de tecnologias e MPs mais verdes. Deve-se ressaltar que os produtos cosméticos também têm grande impacto ambiental por conta de serem envasados em embalagens múltiplas, como a primária, secundária e em alguns casos, a terciária. Plásticos, papéis, isopores, entre outros, são os principais materiais utilizados como embalagens, e por demorarem muitos anos para serem degradados, acabam em aterros ou são incinerados, contaminando corpos de água e solos. Por isso, alternativas para esses materiais devem ser incentivadas pela indústria para diminuir o impacto ambiental e a pegada ecológica de seus produtos (BRIASCO B. *et al.*, 2016).

**Tabela 1 – Categorias de ingredientes utilizados em formulações cosméticas e suas respectivas funções**

<b>Categoria</b>	<b>Função</b>	<b>Exemplos</b>
Princípios ativos	Atribuir ao produto as propriedades desejadas, como antirrugas, atividade clareadora antienvelhecimento, entre muitas outras.	Compostos fenólicos, carotenoides, alfa- e beta-hidroxiácidos
Solventes	Garantir a dispersão desejada dos princípios ativos adicionados, colaborando para a aplicação do produto, além da produção.	Água, álcool etílico
Agentes de textura	Auxiliam no controle das propriedades reológicas do produto, como viscosidade e espalhabilidade. Podem ser agentes espessantes, emulsionantes, gelificantes, tensoativos e silicones.	Uretano etoxilado, pó de silicone, polímeros aniônicos ou não iônicos
Agentes formadores de filme	Ajudam o produto a resistir à água e aos óleos da pele, garantindo durabilidade, ao mesmo tempo que facilitam a remoção quando desejado.	Copolímeros
Emolientes e agentes hidratantes	Atuam trazendo a sensação de hidratação para o consumidor, pela oclusão, evitando a evaporação de água da pele, ou por umectação, fornecendo hidratação para o tecido. Podem facilitar a adição de princípios ativos à formulação, além de melhorarem as propriedades sensoriais do produto.	Álcool cetílico, cocoato de glicerina PEG-7, cera de carnaúba, ureia

Estabilizantes	Previnem a degradação e a inativação dos demais ingredientes da formulação, mantendo a qualidade, eficácia e segurança do produto. Podem ser conservantes, corretores de pH, quelantes e antioxidantes.	Parabenos, diestearato de propileno glicol 6000, ácido etilenodiamino tetracético (EDTA)
Filtros de proteção solar	Garantem proteção contra radiação ultravioleta, normalmente A e B, prevenindo envelhecimento e queimaduras. Podem ser filtros químicos ou físicos.	Dióxido de titânio, octocrileno, ácido para-aminobenzóico
Excipientes	Melhoram a compatibilidade, fluidez, dissolução, desintegração e higroscopicidade da formulação.	N-octil-n-octanoato
Corantes	Atribuem cor à formulação, de acordo com o desejado.	Carmim, dióxido de titânio, óxidos de ferro e ultramarinos
Fragrâncias	Atribuem cheiro à formulação, melhorando a percepção sensorial do produto, podendo cobrir odores desagradáveis dos demais componentes.	Limoneno, linalol, vanilina, cumarina, metil antranilato

Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Dessa forma, ainda há muito espaço na indústria de cosméticos para inovações que visem reduzir os impactos do setor no meio ambiente. Para estudar a viabilização dessas novas tecnologias, muitos artigos citam o uso de ferramentas de análise que avaliam o impacto ambiental de cada fase do ciclo de vida do produto em desenvolvimento, antes do início de sua produção (SECCHI *et al.*, 2016). Essa metodologia, conhecida como *Life Cycle Assessment* (LCA), é aplicada a diversas indústrias para entender os principais pontos de melhoria com relação à pegada ecológica de tais produtos e processos, evitando possíveis prejuízos ao meio ambiente (JACQUEMIN, L.; PONTALIER, P.; SABLAYROLLES, C., 2012). Assim como outras metodologias de avaliação ambiental, a LCA investiga o balanço entre quantidade e qualidade de recursos utilizados e de produtos obtidos, comparando energia e MPs consumidas com resíduos e emissões produzidos e liberados. Após essa avaliação, os possíveis impactos ambientais são determinados e classificados para o desenvolvimento de estratégias que abordem os pontos de preocupação (ROY *et al.*, 2009). Avaliações assim fazem parte de um movimento resultante de demandas socioambientais,

responsabilizando empresas e indústrias por suas atitudes, tipo de conduta que vem sendo especialmente cobrada da indústria de cosméticos (FORTUNATI; MARTINIELLO; MOREA, 2020). Reduzir o consumo de MPs e diminuir a geração de resíduos são estratégias que podem ser empregadas no desenho de produtos mais sustentáveis, visando uma economia mais circular, que se baseia em eliminar a ideia de “fim de vida útil” de um produto ao introduzir os resíduos de uma indústria como MPs de outro setor (MIKRONI *et al.*, 2022).

## 1.2 ECONOMIA CIRCULAR

Atualmente, o conceito de Economia Circular não possui uma definição única por conta de sua ampla disseminação, mas para Kirchherr, Reike e Hekkert (2017) pode ser caracterizado como “um sistema econômico que se baseia em modelos de negócios que substituem o conceito de ‘fim de vida’ por reduzir, reutilizar, reciclar e recuperar materiais em processos de produção/distribuição e consumo, operando em níveis micro (produtos, companhias e consumidores), meso (parques eco-industriais) e macro (cidades, regiões, nações e além), com o objetivo de alcançar o desenvolvimento sustentável, o que implica em criar qualidade ambiental, prosperidade econômica e equidade social para o benefício de gerações atuais e futuras.” Assim, pode-se compreender que o sistema da Economia Circular deve atuar em três esferas: ambiental, social e econômica. Sob o aspecto ambiental, é necessária a preservação do capital natural e a manutenção da integridade do ecossistema, considerando a biocapacidade e a biodiversidade. A esfera social deve contemplar conceitos de equidade, acessibilidade, identidade cultural e estabilidade institucional. Por último, o aspecto econômico refere-se à viabilidade financeira, enquanto ampara um desenvolvimento ambiental e socialmente sustentável (SAHOTA, 2014).

Para que a implementação de um sistema financeiro alternativo aconteça, são necessárias estratégias de circularidade baseadas nos três pilares estabelecidos pela Fundação Ellen MacArthur (2012): eliminar resíduos e poluição, circular produtos e materiais com maior valor agregado e regenerar a natureza. A transformação da economia linear em circular deve considerar então o *design* de produtos que possam ser reinseridos na economia ao final de seu uso, prolongando assim seu ciclo de vida útil e

mantendo seu valor agregado, além de reduzir as quantidades de recursos consumidos e de resíduos produzidos (MIKRONI *et al.*, 2022). O desenvolvimento de um produto, partindo desses princípios, pode ser classificado como uma das melhores estratégias de economia circular, pois garante que o produto permaneça na sua cadeia de valor, ao contrário da reciclagem, em que os resíduos e materiais passam por um ciclo externo ao original para poderem voltar à economia, perdendo valor agregado. Outras estratégias que estão alinhadas com os ideais da Economia Circular são: a recusa, em que a função do produto é abandonada; o compartilhamento, em que o uso do produto é mais intensivo, levando à redução do consumo de recursos naturais e materiais; o reuso; o reparo; a reforma; a remanufatura; e o reaproveitamento do produto ou suas partes com uma nova função (KIRCHHERR; REIKE; HEKKERT, 2017).

### 1.2.1 Economia Circular na indústria de cosméticos

Como mencionado, pode-se observar uma tendência entre as principais marcas de cosméticos do mercado em se posicionar com valores mais sustentáveis e em apresentar maior comprometimento com o meio ambiente, lançando produtos mais “limpos” e/ou “verdes” (CHOI; SEONG HUN KIM; LEE, 2022). Uma das formas mais tradicionais de se alcançar consumidores ecologicamente conscientes é através de produtos reutilizáveis e na forma de refis, como shampoos, cremes e perfumes. E apesar dessa estratégia ser condizente com o objetivo de extensão de vida útil do produto proposto pela Economia Circular, ela nem sempre atende a todas às preferências do consumidor, que muitas vezes deixa de readquirir o produto por maior dificuldade de encontrar o refil ou inviabilização econômica do produto (KOLLING; DUARTE; FLEITH, 2022).

Compreendendo esses obstáculos, parte da indústria tem recorrido a novas tecnologias, materiais, processos e estratégias que aderem aos princípios da Economia Circular sem perder o engajamento do consumidor (MIKRONI *et al.*, 2022). Um exemplo de inovação que está cada vez mais presente nas alegações das marcas é o *upcycling*, em que os resíduos e subprodutos de uma indústria são processados e destinados para

uso como MPs de produtos com outra finalidade (BOM *et al.*, 2019). Considerando que todas as etapas da fabricação de um produto têm impacto em sua “pegada” ecológica, que podem ser definidas por uma LCA no início de seu desenvolvimento, a redução do consumo de MPs de fontes não renováveis e/ou escassas o transforma em uma mercadoria mais sustentável, com menor impacto ambiental, e essas vantagens podem ser anunciadas para garantir mais destaque entre consumidores (SECCHI *et al.*, 2016). O *upcycling* é apenas uma das formas pelas quais a indústria tem implementado o *Life Cycle Thinking* (LCT), ou Pensamento de Ciclo de Vida, em que o *design* do produto já considera a extensão do seu ciclo de vida, “desmaterialização”, substituição de MPs e aumento da eficiência na produção, além da recuperação de resíduos antes do descarte, de modo a melhorar a sustentabilidade do produto (MAZZI, 2020).

E é justamente através da substituição de matérias-primas de fontes não renováveis pelo reaproveitamento de subprodutos e compostos de alto valor (CAVs) de fontes renováveis que a indústria de cosméticos encontrou uma forma de melhorar a “pegada” ecológica de seus produtos (ZEIN *et al.*, 2020).

## **2. OBJETIVOS**

No presente trabalho buscou-se definir o contexto atual da extração e uso de compostos de alto valor através do *upcycling* na indústria de cosméticos, apontando as principais inovações em desenvolvimento e aquelas já no mercado, tendo fontes de resíduos naturais como principal foco. Visou-se também apontar os impactos e benefícios trazidos por tais tecnologias para o meio-ambiente, além de como têm contribuído para o fomento à sustentabilidade na indústria de cosméticos.

## **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

As bases de dados *SciELO*, *PubMed* e *Web of Science* foram utilizadas para a pesquisa e elaboração do trabalho, focando em artigos científicos publicados entre os anos de 2010 e 2022, escritos em português e em inglês. Foram selecionados os artigos

que abordaram a indústria de cosméticos e descartando os resultados que envolveram indústrias química e farmacêutica, devido ao grande número de obras sobre o assunto. As palavras-chaves mais utilizadas durante a pesquisa foram “*cosmetic industry interest compounds*” e “*renewable upcycling technologies*”. Os resultados foram classificados de acordo com a fonte do composto de alto valor (CAV) agregado produzido pela tecnologia de *upcycling*: compostos de origem vegetal e animal da indústria alimentícia, algas marinhas e resíduos plásticos do ecossistema marinho.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 POTENCIAL DO *UPCYCLING*

Devido à diversidade de produtos disponíveis na categoria de HPPC, são muitas as possibilidades de desenvolvimento de tecnologias baseadas em *upcycling*, desde ingredientes ativos, polímeros e solventes de origem alternativa, até materiais para embalagens primárias e secundárias mais sustentáveis (SAHOTA, 2014). Dessa forma, resíduos de outras indústrias podem ser explorados em busca de CAVs, reduzindo a necessidade de extração de novas MPs, melhorando o tratamento dos resíduos antes de seu descarte e aumentando o valor agregado do produto acabado (BOM *et al.*, 2019). Alguns dos CAVs mais estudados são de origem natural, principalmente à base de plantas, que por possuírem atividades benéficas ao consumidor, como propriedades antienvhecimento, antirrugas, anti-acneicas, antialérgicas e antioxidantes, além de proteção contra raios UV, são conhecidos como Compostos Bioativos (CBs).

Apesar da vasta gama de possibilidades de inovação que o *upcycling* traz para o setor, a introdução de ingredientes diferentes dos mais comumente utilizados requer muito estudo, incluindo a determinação do perfil de propriedades como estabilidade física e inércia química do composto, para entender como será sua interação com o restante da formulação. De modo semelhante, os perfis de eficiência e segurança devem ser satisfatórios e o novo impacto ambiental do produto também deve ser definido, através de uma nova LCA (FONSECA-SANTOS, B.; CORRÊA, M. A.; CHORILLI, M., 2015;

ECKELMAN *et al.*, 2022). A estabilidade da fórmula final também deve ser determinada, pois a segurança e função de cada ingrediente adicionado podem comprometê-la. A qualidade do produto não deve ser afetada, pois para atender às preferências do consumidor, deve possuir *performance* e propriedades sensoriais semelhantes às dos produtos tradicionais (BOM *et al.*, 2019). Quando se trata de um ingrediente “mais sustentável”, deve-se analisar, além de sua fonte, a sua destinação final, pois se sua degradação resultar em componentes complexos e tóxicos, os efeitos ambientais podem ser piores que os dos ingredientes convencionais, anulando a alegação inicial de maior sustentabilidade. Ou seja, MPs sintéticas obtidas por química verde, que evitam desmatamento e/ou caça de animais e eliminam a geração de substâncias tóxicas e/ou perigosas durante o processo, podem ser mais sustentáveis do que compostos naturais que dependem da extração de componentes escassos. Por isso, a forma de extração, síntese e/ou purificação do ingrediente deve ser sempre levada em consideração no desenvolvimento de uma formulação cosmética (BOM *et al.*, 2019; KRISHNA, M. S.; JASEELA, F.; GIRIJA, V. V., 2019).

## 4.2 INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA

Os índices de desperdício na indústria alimentícia são alarmantes: em 2021 o Programa Ambiental das Nações Unidas reportou descarte de cerca de 17% da produção global de alimentos, aproximando-se de 930 milhões de toneladas no ano de 2019. Para o Brasil, o número é de 60 kg de alimentos desperdiçados por pessoa por ano (UNEP, 2021). A partir desses indicadores é possível concluir que essa forma de produção e de consumo não é sustentável, pois além de existir desigualdade na distribuição dos alimentos entre países, os recursos utilizados são finitos e grande parte do descarte não é feito de maneira correta, colocando em risco diversos ecossistemas (CHEN *et al.*, 2017). Nos aterros sanitários, os restos alimentares, além de serem os principais causadores de mau odor, são convertidos em gases de efeito estufa, como metano e dióxido de carbono (CHEN *et al.*, 2017).

Com relação a frutas e vegetais, quase metade da produção global é descartada como resto alimentar, pelo perecimento do alimento ou pela remoção de partes não comestíveis, seja por questões estéticas ou por armazenamento inadequado, o que ocorre em níveis domiciliar, industrial e agrícola (COMAN *et al.*, 2020). No entanto, estudos relatam que as partes descartadas no processamento de frutas, vegetais, cereais e até animais, para a produção dos mais diversos produtos alimentícios, possuem CAVs e CBs de grande interesse para as indústrias farmacêutica, química e cosmética, como polifenóis, carotenoides, polímeros e ácidos graxos (BAIANO, 2014; PINTO *et al.*, 2021; ZEIN *et al.*, 2020).

Com o intuito de valorizar os subprodutos da indústria alimentícia, surgem novas tecnologias de extração e aplicação desses compostos de alto valor agregado em formulações cosméticas, com o incentivo de grandes corporações da categoria, que buscam reduzir os impactos ambientais de seus produtos (PINTO *et al.*, 2021). O escopo de CAVs e CBs presentes em subprodutos dessa indústria inclui fenóis, carotenoides, fitoesteróides, saponinas, ácidos fítics, vitaminas e minerais, fibras dietéticas, óleos essenciais, proteínas, ácidos graxos, polissacarídeos, entre outros que serão discutidos nas próximas sessões (BARBULOVA, A.; COLUCCI; APONE, 2015; PINTO *et al.*, 2021; COMAN *et al.*, 2020; ZEIN *et al.*, 2020).

#### 4.2.1 Compostos de origem vegetal

O Brasil se encontra sempre entre os maiores produtores de alimentos de origem vegetal, como cana de açúcar, soja, laranja, café e milho, entre outros diversos itens presentes na dieta do brasileiro e de consumidores ao redor do mundo (BERGMANN J. C. *et al.*, 2013; MAYER, 2016). Devido à escala da produção de alimentos vegetais para consumo nacional e exportação, os subprodutos descartados durante o processo de produção possuem alto potencial de exploração para uso na indústria de cosméticos, tanto pela presença de CAVs de interesse, quanto pela quantidade dos resíduos gerados. Ampliando esse raciocínio para os demais países produtores dos principais alimentos consumidos globalmente, o reaproveitamento das partes descartadas de frutas, verduras,

legumes e sementes torna-se essencial para o desenvolvimento de uma economia mais circular e sustentável. Entre os CBs presentes nessa categoria de alimentos, podem ser mencionadas inúmeras classes de moléculas que possuem atividades aplicáveis em produtos cosméticos, como descrito na Tabela 2.

**Tabela 2 – Principais compostos de alto valor em subprodutos do processamento de alimentos de fonte vegetal e suas propriedades em produtos cosméticos**

<b>Alimento</b>	<b>Subprodutos</b>	<b>Compostos</b>	<b>Atividades</b>	<b>Referências</b>
Maçã	Casca	Fibras alimentares	Antioxidante	[19], [55],
	Bagaço	Flavonóis, flavan-3-óis, flavanonas, chalconas, taninos e antocianinas Ácidos fenólicos	Adstringente Fotoprotetora Antienvhecimento Antirrugas Proteção da barreira cutânea Redução de secreção sebácea	[60], [79], [80]
Avocado	Casca	Fibras alimentares	Antioxidante	[19], [79]
	Semente	Ácidos fenólicos Procianinas, flavonóis e taninos Ácido oleico	Anti-inflamatória Antimicrobiana Corante Aromatizante Espessante	
Banana	Casca	Fibras alimentares Aminas biogênicas Ácidos graxos Carotenoides Ácidos fenólicos Flavonoides Vitaminas B, C e E	Antioxidante	[19], [60], [79]
Manga	Casca	Fibras alimentares	Antioxidante	[55], [60], [79]

	Caroço	Carotenoides Vitamina E Flavonoides e taninos Lipídeos fenólicos Ácido oleico e ácido esteárico	Fotoprotetora Esfoliante Antienvelhecimento	
Frutas cítricas	Casca	Flavanonas, flavonóis, flavonas,	Antioxidante	[3], [19], [55],
	Semente	antocianinas,	Espessante, emulsificante e estabilizante	[79]
	Tecidos internos	Carotenoides Pectina e celulose Vitaminas C, B e precursor vitamina A Ácidos fenólicos Óleos essenciais Ácidos graxos Ácidos orgânicos Fitosteróis	Formadora de filmes Antimicrobiana Anti-inflamatória Clareadora (anti-hiperpigmentação) Corante Antienvelhecimento Proteção da barreira cutânea Redução de danos ao DNA Sequestradora de EROs	
Tomate	Bagaço	Ácidos orgânicos Fibras alimentares Flavonóis Carotenoides (licopeno)	Antioxidante	[19], [60], [79]
Cenoura	Casca	Fibras alimentares Aminoácidos Carotenoides Compostos polifenólicos	Antioxidante Antimicrobiana Antimutagênica Antirugas	[55], [79]

		Ácido oleico	Bronzeadora (pigmentos)	
		Compostos voláteis	Fotoprotetora	
			Sequestradora de EROs	
			Antienvhecimento	
Couve-flor	Talo	Fibras alimentares	Antioxidante	[79]
	Folhas	Vitamina C		
	Broto	Carotenoides		
		Proteínas folhares		
		Flavonóis		
		Ácidos fenólicos		
Trigo	Farelo	Fibras alimentares	Absorção da radiação solar	[55], [79]
	Gérmen	Fitosteróis	Redução de danos por radiação UV	
		Carotenoides		
		Lignanas e tocoferóis		
		Ácido fítico		
		Aminoácidos		
		Proteínas		
		Ácidos fenólicos		
		Ácidos graxos		
		Compostos polifenólicos		
		Vitaminas B e E		
Arroz	Casca	Fibras alimentares	Antirrugas	[55], [79]
	Gérmen	Ácidos graxos	Hidratante	
	Farelo	Antocianinas	Preventiva contra hiperpigmentação	

		Tocoferóis	Preventiva contra danos por radiação UV	
		Fitosteróis	Espessante	
		Vitaminas A e E	Formadora de filme	
		Silicone		
Milho	Gérmen	Carotenoides	Proteção da barreira cutânea	[55], [79]
	Farelo	Ácidos fenólicos	Hidratante	
		Fibras alimentares		
		Fitosteróis		
		Amido		
		Aminoácidos		
		Antocianinas		
		Vitamina E		
Oliva	Fase aquosa da extração do óleo	Ácidos graxos monoinsaturados	Antioxidante	[3], [19], [55],
	Caroço	Hidroxitirisol, oleuropeína e tirosol	Anti-inflamatória	[79], [80]
	Folhas	Verbacosídeo	Antimicrobiana	
		Álcoois fenólicos	Hidratante	
		Ácidos fenólicos	Proteção contra danos por radiação UV	
		Flavonoides	Esfoliante	
			Firmeza e elasticidade para a pele	
Uva	Semente	Ácidos fenólicos	Antioxidante	[3], [32], [55],
	Haste	Taninos, antocianinas e flavanóis	Anti-inflamatória	[69], [80]
	Pele	Arbutina	Anti-hiperpigmentação (clareadora)	
		Estilbenos (resveratrol)	Antimicrobiana	

	Bagaço da produção de vinho	<p>Ácidos graxos (oleico, linoleico e linolênico)</p> <p>Vitaminas A, B, C e K</p> <p>Alfa-hidroxiácidos</p> <p>Vitaminas C e E</p>	<p>Hidratante</p> <p>Corante</p> <p>Sequestradora de EROs</p> <p>Fotoprotetora</p> <p>Esfoliante</p> <p>Reguladora de pH</p> <p>Antienvhecimento</p> <p>Conservante</p>	
Café	<p>Casca</p> <p>Borra</p> <p>Grãos imaturos ou defeituosos</p>	<p>Cafeína</p> <p>Ácidos fenólicos</p> <p>Ácidos graxos</p> <p>Proteínas</p> <p>Fibras alimentares</p>	<p>Antioxidante</p> <p>Anti-hiperpigmentação</p> <p>Proteção da barreira cutânea</p> <p>Anti-inflamatória</p>	[3], [55]

Fonte: Elaborado pela autora (2023)

A cana de açúcar, importante produto de exportação do Brasil, já é explorada para a produção de biodiesel, confirmando a possibilidade de reaproveitamento de seus subprodutos por outras indústrias. Do bagaço da cana pode-se isolar compostos fenólicos, fitosteróis, flavonoides, taninos, ácidos ascórbico, cafeico e clorogênico, com atividades antioxidantes e anti-inflamatórias, propriedades muito desejadas para ingredientes cosméticos, pois reduzem os sinais de envelhecimento da pele ao eliminar radicais livres e estimular a produção de colágeno (ZEIN *et al.*, 2020; TIMORSHINA; ПОПОВА; OSMOLOVSKIY, 2022). Outro alimento vegetal produzido em larga escala mundialmente com capacidade de *upcycling*, é o tomate (*Solanum lycopersicum*), que apresenta alta concentração do carotenoide licopeno, extraído do seu bagaço após o processamento da fruta para a produção de molhos e sucos. A atividade dessa molécula é antioxidante e anti-inflamatória quando aplicada de forma tópica e resulta em redução de linhas finas e maior hidratação da pele. Os demais compostos encontrados no tomate são os fenólicos, incluindo os ácidos cafeico, ferúlico, clorogênico e a quercetina, que atuam como antioxidantes e auxiliam também no combate à hiperpigmentação pela inibição da enzima tirosinase. (ZEIN *et al.*, 2020; KRISHNA, M. S.; JASEELA, F.; GIRIJA, V. V., 2019).

As frutas cítricas são amplamente consumidas e possuem diversas aplicações devido à grande diversidade de moléculas com atividade cosmética presentes em suas partes. Cerca de um terço da produção global de frutas cítricas é consumida após o processamento em suco, principalmente o limão e o laranja, e seus resíduos incluem cascas, sementes e tecidos vasculares, prensados em “tortas” (BARBULOVA, A.; COLUCCI; APONE, 2015). Suas principais aplicações cosméticas contemplam cremes e loções de *skincare*, assim como formulações capilares e perfumes. O ácido ascórbico é um antioxidante promotor da renovação celular da camada mais externa da epiderme, o estrato córneo, melhorando o aspecto geral da pele, assim como as flavanonas (hesperidina, naringina e narirutina), flavonóis (rutina e quercetina) e flavonas (diosmina e tangeretina) encontrados nas frutas cítricas. As fibras dietéticas e polissacarídeos extraídos da casca possuem capacidade de retenção de água e inchamento superiores à da celulose e podem ser utilizados como alternativa para as formulações cosméticas,

atuando como agentes espessantes, de volume, de absorção ou formadores de filme (ZEIN *et al.*, 2020). Essas frutas também são ricas em vitaminas B, C, carotenoides e limonoides, além de um precursor da vitamina A ( $\beta$ -criptoxantina), que garantem ação antioxidante e clareadora de manchas ao cosmético, pela redução da atividade da tirosinase e da expressão de seu fator de transcrição (MITF), que juntos determinam a produção de melanina pela pele (BARBULOVA, A.; COLUCCI; APONE, 2015). Por último, os óleos essenciais extraídos dos cítricos, como limoneno e terpineno, podem ser utilizados por sua atividade anti-inflamatória ou por suas fragrâncias, muito apreciadas na perfumaria. Esses óleos essenciais são capazes de reduzir a síntese e atividade do óxido nítrico, espécie reativa de oxigênio (ERO) causadora de sinais de envelhecimento (BARBULOVA, A.; COLUCCI; APONE, 2015).

Na colheita do café, muitos grãos verdes são descartados por não estarem no estágio ideal para o processamento. A partir desses grãos não selecionados, CAVs podem ser extraídos para a indústria de cosméticos após a descafeinação por água e gás carbônico (SANTOS *et al.*, 2021). Os principais compostos bioativos presentes são o ácido clorogênico e a cafeína, ambos compostos fenólicos e antioxidantes potentes, pois reduzem o estresse oxidativo derivado da exposição a fatores ambientes, como raios ultravioleta e poluição, neutralizando radicais livres e estimulando a produção de antioxidantes endógenos, como a glutathione. (SANTOS *et al.*, 2021). Os demais CAVs encontrados no café possuem propriedades emolientes, antirrugas e antimicrobianas. Esses compostos de interesse também podem ser reaproveitados das cascas do café e da borra já processada, após o preparo do café pelo consumidor. A possibilidade da reutilização da borra, que seria descartada por já ter cumprido com seu propósito inicial, é mais uma oportunidade para a economia circular através do *upcycling*, considerando a produção diária de toneladas desse processado em indústrias e lugares que servem café (RODRIGUES; M. ANTÓNIA NUNES; ALVES, 2017). O trigo (*Triticum vulgare*) é o segundo grão mais produzido no mundo, estando atrás apenas do arroz, e seus subprodutos, como o farelo, podem ser processados para extrair fibras dietéticas (oligossacarídeos) com capacidade de reparo de tecido e substâncias fenólicas (lignanas e tocoferóis) que respectivamente promovem a hidratação da pele e eliminam EROs (

KRISHNA, M. S.; JASEELA, F.; GIRIJA, V. V., 2019). As antocianinas e os carotenoides presentes no trigo colorido (*Triticum aestivum*) podem ser utilizados como pigmentos para substituir os sintéticos, já que podem ser encontrados principalmente na camada mais externa da casca do grão, normalmente descartada durante o processamento (GUPTA; MEGHWAL, M.; PRABHAKAR, 2021).

A soja por sua vez possui aplicações cosméticas devido à presença de isoflavonas no tegumento das sementes, como a genisteína, que confere propriedades semelhantes às do estrogênio pela estimulação da produção de colágeno, diminuição da atividade das glândulas sebáceas presentes na pele e inibição do crescimento de pelo nas áreas aplicadas. Esses compostos também possuem atividade antioxidante, anti-inflamatória e antienvhecimento, assim como os peptídeos bioativos presente nas sementes da soja (KIM *et al.*, 2017). Outro alimento com potencial de reaproveitamento de CBs é a oliva, cuja fase aquosa de extração do seu azeite contém compostos fenólicos como o hidroxitirisol, oleuropeína e flavona-7-glicosídeo, presentes em maiores quantidades nas folhas da oliveira. Esses CAVs conferem propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias e antimicrobianas às formulações cosméticas ao neutralizar radicais livres e aumentar os níveis do fator de hidratação natural (NMF) na pele, auxiliando na manutenção da hidratação e prevenindo estresse oxidativo (RODRIGUES; PIMENTEL, 2015). Os ácidos graxos monoinsaturados também obtidos como subprodutos do processamento da oliva em azeite podem ser utilizados em formulações como sabonetes, loções e shampoos (BARBULOVA, A.; COLUCCI; APONE, 2015).

Por fim, uma das frutas com maior concentração de CAVs é a uva, processada em vinhos, sucos, geleias e polpas. Os compostos fenólicos representam 20% da biomassa resultante da produção de vinho (HÜBNER *et al.*, 2023). Suas cascas, sementes, bagaço e borra podem conter compostos fenólicos simples, como o ácido gálico e ácido elágico, e compostos polifenólicos, como flavonoides (arbutina, antocianinas, quercetina e catequinas) e estilbenos (resveratrol), além de ácidos graxos, vitaminas (A, B, C, K) e alfa-hidroxiácidos (BARBULOVA, A.; COLUCCI; APONE, 2015; KRISHNA, M. S.; JASEELA, F.; GIRIJA, V. V., 2019). Os compostos fenólicos mencionados conferem

propriedades antioxidantes potentes pela eliminação de radicais livres, estimulação do crescimento celular e tem efeitos antienvhecimento na pele se usados de forma tópica. Alguns dos compostos, como o ácido gálico, ácido ferúlico, proantocianidinas e resveratrol, atuam como conservantes, além de serem fotoprotetores pela inibição da peroxidação de lipídeos, reação que pode ser desencadeada por raios ultravioleta e causar danos à pele (SOTO, M. L.; FALQUÉ; DOMÍNGUEZ, H., 2015). A potencialização do fator de proteção solar (FPS) pelos CBs presentes no bagaço de uva proveniente da produção de vinho pode reduzir a concentração necessária de filtros solares sintéticos, muitas vezes prejudiciais ao meio ambiente, diminuindo a exploração de recursos naturais para a extração de MPs e agregando valor a compostos de fontes renováveis (HÜBNER *et al.*, 2023). As vitaminas, ácidos oleicos e linoleicos extraídos de subprodutos da uva podem ser adicionados a produtos de *skincare* de uso noturno, por atribuírem características sensoriais mais densas à formulação (SOTO, M. L.; FALQUÉ; DOMÍNGUEZ, H., 2015).

#### 4.2.2 Compostos de origem animal

Diferente dos alimentos de origem vegetal, os de origem animal são controversos e seu uso precisa ser mais bem estudado pelas questões éticas de obtenção e de contaminação. Mas de forma semelhante aos alimentos de origem vegetal, o processamento dos alimentos de origem animal também origina subprodutos que são descartados ou subaproveitados como alimentação para gados e/ou fertilizantes. Alguns desses resíduos possuem alto potencial de exploração para aplicações cosméticas devido a CAVs de interesse para a indústria (KRISHNA, M. S.; JASEELA, F.; GIRIJA, V. V., 2019). O mais conhecido e estudado é o colágeno, extraído de resíduos bovinos e de outros mamíferos, por ser a proteína mais abundante entre as espécies da classe. O composto encontra-se nas aparas de pele, tendões, cartilagens e tecido ósseo, e pode ser utilizado tanto em tratamentos mais especializados (feridas e queimaduras) quanto em géis e cremes cosméticos. Esse polímero tem alta capacidade de retenção de água e mantém o ambiente de aplicação úmido, além de permitir troca gasosa e ser biocompatível com tecidos humanos (TIMORSHINA; ПОПОВА; OSMOLOVSKIY, 2022).

Sua propriedade de formação de filmes, associada ao estímulo da síntese proteica e da proliferação celular, previne a formação de linhas finas e rugas pela manutenção da hidratação e elasticidade da pele (KRISHNA, M. S.; JASEELA, F.; GIRIJA, V. V., 2019).

Outro possível composto a ser explorado em resíduos de origem animal é a queratina, proteína fibrilar muito presente em peles, cerdas e penas de aves, como o frango, representando até 90% do peso total dos derivados da pele. Pode ser utilizada como alternativa ao ácido hialurônico para preenchimentos. Além disso, o composto pode ser aplicado em formulações capilares, onde a queratina atua como restauradora da estrutura de cabelos danificados ao reparar as ligações de dissulfeto da queratina nativa dos fios. Quando adicionada a cosméticos para a pele, essa proteína reduz a perda de água transepidérmica, transmitindo a sensação de hidratação para o consumidor. Os hidrolisados de queratina podem também melhorar o aspecto geral da pele através da inibição das enzimas conversora de angiotensina I e a dipeptidil peptidase-IV, conferindo efeito anti-inflamatório; da tirosinase, para redução de hiperpigmentação e manchas na pele; e das metaloproteinases de matriz, que degradam colágeno e elastina, atribuindo ao produto possível atividade antienvhecimento (TIMORSHINA; ПОПОВА; OSMOLOVSKIY, 2022). A elastina é outra proteína que pode ser obtida a partir de resíduos animais e seu uso em produtos cosméticos pode trazer efeitos positivos, como maior elasticidade à pele, devido ao seu potencial antioxidante, combatendo a degradação das fibras elásticas. Também aumenta a concentração de ácido hialurônico, o que confere maior hidratação ao tecido (BAUMANN *et al.*, 2021). Suas propriedades a tornam interessante para formulações que visam tratar o envelhecimento e a hiperpigmentação, pois também tem capacidade de inibir a enzima tirosinase (WU, 2022).

Os CAVs também podem ser extraídos de fontes animais como resíduos do processamento do mel e cera de abelhas. Os subprodutos desses itens conferem propriedades anti-inflamatórias, antioxidantes e antimicrobianas aos cosméticos, pois contam com flavonoides como crisina, apigenina, kaempferol, quercetina, galangina, pinocembrina e naringerina, entre outros compostos fenólicos (KUREK-GÓRECKA *et al.*, 2020; MARTÍNEZ-ARMENTA *et al.*, 2021).

#### 4.2.3 Métodos de extração de compostos bioativos

Como o *upcycling* é um mecanismo para tornar a indústria de cosméticos mais sustentável de forma economicamente viável, as principais pesquisas sobre o assunto buscam definir os métodos mais econômicos e eficientes de extração de CAVs de fontes naturais, para que as tecnologias tenham aplicabilidade industrial (BAIANO, 2014). Entre os diversos métodos sendo estudados, dos mais clássicos aos mais inovadores, os principais são: extração sólido-líquido, extração de Soxhlet, extração por fluido pressurizado ou extração por fluido supercrítico, extração assistida por ultrassom, extração assistida por micro-ondas, extração por campo elétrico pulsado e extração assistida por enzimas (BAIANO, 2014; ZEIN *et al.*, 2020; TIMORSHINA; ПОПОВА; OSMOLOVSKIY, 2022). Os métodos mais tradicionais de extração apresentam limitações, como dificuldade de obter produtos puros, uso de solventes caros, tempos de extração maiores, possível degradação de compostos sensíveis ao calor e baixa seletividade (SAGAR N. A. *et al.*, 2018).

A extração assistida por enzimas vem sendo considerada um método alternativo de extração mais “verde” para as indústrias, estando alinhado com os valores da economia circular (SAGAR N. A. *et al.*, 2018). Considerando os CAVs já apresentados, pode-se aumentar a quantidade dessas moléculas de interesse nos resíduos alimentares e conseqüentemente o rendimento de sua extração, através de enzimas que têm como alvo diferentes CBs. Por exemplo, a pectinase, a celulase e a tanase são capazes de realizar hidrólise de compostos polifenólicos e melhorar a quantidade a ser extraída, partindo de alimentos como o tomate, a uva e a couve-flor (ZEIN *et al.*, 2020). Já a amiloglucosidase e a carboidrase podem ser utilizadas para a produção de bioetanol utilizando resíduos alimentares como substrato, e pode ser utilizado como solvente na indústria de cosméticos, tornando o produto final mais sustentável (ZEIN *et al.*, 2020).

Deve-se ressaltar que a escolha do método a ser utilizado depende de fatores como a estrutura física do alimento, estrutura química do composto alvo e sua

disponibilidade na fonte, viabilidade económica e pegada ecológica do método (BAIANO, 2014). A fonte da energia e dos solventes deve ser renovável e os subprodutos dos processos não devem ser prejudiciais ao meio ambiente ou de degradação complexa, de modo que o balanço final do processo de *upcycling* seja mais sustentável do que o de procedimentos de produção de cosméticos tradicionais. A segurança da técnica escolhida também deve ser certificada, visando extrair um produto de qualidade, que esteja de acordo com as especificações para uso cosmético e com boa reprodutibilidade (BAIANO, 2014).

### 4.3 ECOSSISTEMA MARINHO

Por conta da demanda por produtos com ingredientes de origem natural, uma área de interesse para a indústria de cosméticos é o ecossistema marinho, por sua biodiversidade e por oferecer alternativas para ingredientes banidos e/ou restritos, permitindo que as marcas apresentem tecnologias e produtos inovadores para seus consumidores (COUTEAU, C.; COIFFARD, L., 2016).

#### 4.3.1 Algas marinhas

Os principais alvos de estudo desse ambiente são as algas marinhas, protagonistas dos ficocosméticos (cosméticos marinhos), e são fontes de compostos com propriedades hidratantes, antienvhecimento, anti-inflamatórias, de clareamento e de fotoproteção contra radiação ultravioleta. Outras possíveis aplicações para substâncias originárias de algas marinhas são excipientes (agentes gelificantes e espessantes), aditivos (conservantes - atividade antimicrobiana), pigmentos e fragrâncias (COUTEAU, C.; COIFFARD, L., 2020; BEDOUX A. *et al.*, 2014).

Tais componentes ainda precisam ser estudados quanto a possibilidade de serem utilizados em formulações cosméticas, e aspectos como a espécie de alga, método de extração, composição do extrato e qualidade microbiológica devem ser levados em consideração. Organismos marinhos também estão sujeitos a contaminação por

compostos orgânicos voláteis, como alcanos e benzenos, inseticidas e herbicidas, além de bioacumularem metais pesados, como cádmio, chumbo, mercúrio e arsênio (COUTEAU, C.; COIFFARD, L., 2016; THIYAGARASAIYAR K. *et al.*, 2020). As algas também são fontes de alérgenos, como cianotoxinas e fotoalérgenos, que quando em contato com a pele, podem causar desde dermatites até danos em células do sistema imunológico (THIYAGARASAIYAR K., 2020). Em função disso, estudos toxicológicos, de estabilidade e de escalabilidade (padronização e reprodutibilidade), devem ser realizados para garantir máxima segurança e qualidade, tanto para o consumidor quanto para o meio ambiente, visando também aprovação pelos devidos órgãos regulatórios (THIYAGARASAIYAR K., *et al.*, 2020; BEDOUX A. *et al.*, 2014).

Apesar das boas perspectivas sobre a exploração de algas para fins cosméticos, a extração dos compostos de interesse torna-se limitada, pois a obtenção das macros e microalgas selvagens deve ser realizada de maneira ética, não interferindo no equilíbrio de seus ecossistemas (THIYAGARASAIYAR K. *et al.*, 2020). Como o volume industrial necessário para a produção de cosméticos seria elevado, surge a possibilidade do uso de biomassa de fazendas de alga, que fornecem espécies marinhas e de água fresca, garantindo maior qualidade ao extrato por se tratar de um ambiente controlado em que não ocorre contaminação e tem alto custo-benefício (ŁĘSKA, B.; MESSYASZ; SCHROEDER, 2018). Essa é considerada uma alternativa sustentável e renovável, pois a alta concentração de algas ajuda a eliminar gás carbônico da atmosfera e a produzir oxigênio através da fotossíntese (ŁĘSKA, B.; MESSYASZ; SCHROEDER, 2018).

O cultivo industrial de algas também apresenta obstáculos, como a necessidade de controlar condições como incidência de luz, presença de nutrientes (nitrogênio e fósforo) e o pH do meio (SCHROEDER; MESSYASZ; ŁĘSKA, B., 2018), mas sua alta taxa de produtividade chama a atenção da indústria quando comparada à produção de biomassas terrestres, fator importante para que haja investimento na área (MAŁGORZATA MIRONIUK; KATARZYNA CHOJNACKA, 2018). Da mesma forma, por se tratar de um ambiente controlado, é possível ajustar tais condições de cultivo, alterando a disponibilidade de certos nutrientes e a quantidade de luz para obtenção de

algas com maior capacidade produtiva de CAVs (BEDOUX A. *et al.*, 2014). Além disso, sob o aspecto da economia circular, o fato de o cultivo de biomassa de algas poder ser realizado em águas residuais é interessante, pois ao ajudar a rebalancear a proporção nitrogênio/fósforo da água e a bioabsorver metais pesados, auxilia na redução de resíduos de outras indústrias e reaproveita os nutrientes de alto custo já existentes (MAŁGORZATA MIRONIUK; KATARZYNA CHOJNACKA, 2018), resultando em CAVs de qualidade para a indústria de cosméticos após a extração dos metabólitos.

Quanto aos métodos de extração das moléculas de interesse, ainda surgem dificuldades e questionamentos no que se refere à realização das operações em escala industrial de forma sustentável e economicamente viável. Mas estratégias de *ecodesign* fornecem técnicas que apresentam maior rendimento e qualidade dos produtos, além de menor tempo de extração e menor uso de solventes (BEDOUX A. *et al.*, 2014): extrações assistidas por enzimas, micro-ondas, ultrassom ou fluido supercrítico são exemplos dos métodos inovadores disponíveis (THIYAGARASAIYAR K. *et al.*, 2020). Como mencionado anteriormente, todos os processos de obtenção dos CAVs a partir de algas marinhas devem ser acompanhados de estudos para garantir segurança, eficácia e qualidade aos produtos, em que podem ser utilizadas metodologias de análise alinhadas com os valores da economia circular, como o LCA (SCHROEDER; MESSYASZ; ŁĘSKA, B., 2018).

#### 4.3.2 Reaproveitamento de resíduos marinhos

O ambiente marinho também serve como fonte de outras tecnologias de *upcycling*, em que se utilizam resíduos plásticos dos mares e oceanos como MPs para produção de embalagens renováveis (KIM *et al.*, 2022; V. KOMOLPRASERT; BAILEY, 2008). A poluição por plásticos descartados de maneira indevida ou utilizados em materiais de pesca, como polietileno, polipropileno, poliestireno, poliéster e fibras de acetato de celulose, e os derivados de sua decomposição (microplásticos), causam prejuízos imensuráveis ao ecossistema marinho quando ingeridos por organismos marinhos,

afetando a biota marinha e seu equilíbrio (ANDRADY; ZHU, 2021); (ERNI-CASSOLA *et al.*, 2019).

Pensando no excesso de plástico marinho e seus efeitos, são desenvolvidas estratégias aliadas às necessidades das indústrias de cosméticos e alimentos, que por possuírem alta demanda por embalagens, utilizam-se das estratégias de *upcycling* para reduzir a produção de resíduos e do uso de MPs de fontes não renováveis. Algumas empresas já reaproveitam resíduos plásticos dos oceanos como narrativa de sustentabilidade para seus consumidores (MAGNIER; MUGGE; SCHOORMANS, 2019) como diferencial em relação à concorrência. Também é possível transformar resíduos de fontes naturais, como fibras vegetais, em monômeros e polímeros para embalagens de cosméticos, com a vantagem de serem apresentados para o consumidor como biodegradável e de fonte renovável. Entretanto, qualquer material de origem *upcycled* e seu uso devem ser estudados, já que materiais constituintes de embalagem primária para cosméticos devem levar em consideração a estabilidade do produto, evitando alterações físico-químicas e microbiológicas, certificando qualidade e segurança ao consumidor (BRIASCO B. *et al.*, 2016).

## 5. DISCUSSÃO

Atualmente, diferentes tecnologias de *upcycling* já são empregadas em produtos cosméticos com o intuito de atrair diferentes perfis de consumidor. Exemplos de aplicações cosméticas de óleos essenciais extraídos a partir de subprodutos de outras indústrias podem ser observados na categoria de perfumes. A marca de moda japonesa Issey Miyake lançou em 2021 o perfume *A Drop d'Issey*, produzida pela casa de fragrâncias Firmenich. A fragrância conta com o óleo *upcycled* do cedro da Virginia para compor suas notas de fundo, coletado da serragem da indústria de fabricação de móveis. O cardamomo danificado durante a colheita também passa por um processo de *upcycling* e seu óleo é incorporado à fragrância, gerando valor para o produto e evitando o descarte no meio ambiente (“Scents and Sustainability”, 2022). Outro produto que se propõe a oferecer sustentabilidade e inovação para o consumidor é o perfume *I Am Trash - Les*

*Fleurs du Déchet*, da marca de nicho francesa, *Etat Libre d'Orange*, produzido pela casa Givaudan. Essa fragrância utiliza como estratégia de *marketing* sua composição, que conta com maioria de ingredientes *upcycled*: o óleo do cedro, a essência da maçã, o óleo de rosa de pétalas já utilizadas e do *akigalawood*, obtido a partir das folhas descartadas do patchouli (“LES FLEURS DU DECHET – I AM TRASH”, 2023).

Pode-se entender que, no presente, a categoria de fragrâncias finas é a que mais usufrui dessas tecnologias para cativar potenciais consumidores. No entanto, diversos outros produtos cosméticos utilizam ingredientes *upcycled* em sua composição, e que por se tratar de tecnologias patenteadas pelos fornecedores, podem ser visualizadas em *websites* de empresas como o da *The Upcycled Beauty Company*, que procura divulgar inovações da área. Sua seleção conta com diferentes componentes de formulações que podem ser utilizados em produtos para cabelo, para as peles do rosto e do corpo, em produtos de higiene oral, e em produtos de coloração, como esmaltes e maquiagens (“*Upcycled Ingredient Directory | Zero Waste Active Cosmetic Ingredients For Skin, Hair, & Make Up Formulations*”, 2016). Em meio à onda de lançamentos de produtos mais sustentáveis, uma parcela relevante de consumidores se sente confusa em relação aos termos empregados nas campanhas de *marketing*, não entendendo a diferença entre natural e orgânico, ou porque o produto é mais sustentável que o da concorrência (BARROS, C.; BEVENUTO, R. B. G., 2020). Cabe às marcas que desejam incorporar tecnologias de *upcycling* em seus cosméticos fazer a integração de maneira que a informação sobre o diferencial do produto fique clara para o consumidor.

Sob outro aspecto, caso as tecnologias de *upcycling* sejam implementadas em larga escala, espera-se que futuramente, a biodiversidade de determinados ecossistemas sofra um impacto positivo pela redução da extração dos seus recursos naturais e do uso de energia de fontes não renováveis, garantindo sua proteção e perpetuação, além de contribuir com o enfrentamento das mudanças climáticas pelo aquecimento global.

Apesar do grande potencial estimado dessas tecnologias, ainda não se sabe o verdadeiro impacto delas no meio ambiente e às comunidades dependentes da extração dos recursos naturais normalmente necessários aos processos. Eliminando a necessidade de extrair MPs novas da natureza, deve-se atentar a todas as fases da produção que serão afetadas. Isso se torna fundamental, pois *upcycling* é uma estratégia da economia circular e deve contemplar tanto o aspecto ambiental, quanto o social e o econômico para estar de acordo com os seus princípios de sustentabilidade. De forma análoga, o acesso às tecnologias deve ser democrático, para que seu desenvolvimento cumpra com a premissa socioambiental, tornando o mercado como um todo mais sustentável. A longo prazo, as estratégias de implementação do *upcycling* devem também considerar o possível impacto da disponibilidade dos resíduos em suas cadeias de produção. Ou seja, se muitas empresas explorarem o mesmo resíduo para adquirir seus ingredientes *upcycled*, o primeiro se tornará escasso, aumentando o custo do processo e exigindo maior exploração de recursos naturais para suprir a nova demanda, ignorando o propósito inicial da estratégia.

Finalmente, para poder lançar uma tecnologia baseada em *upcycling* no mercado, devem ser realizados inúmeros estudos sobre segurança do produto para o consumidor e para o meio ambiente, sem renunciar à qualidade, de modo a atrair e reter mais consumidores. Para isso, procura-se extrair e processar os CAVs industrialmente em circunstâncias industriais, e assim, a tecnologia deve ser estudada principalmente quanto a sua escalabilidade, como no caso dos organismos marinhos, cujos CBs podem apresentar possível toxicidade se as condições de cultivo e extração não forem extremamente controladas, como mencionado anteriormente no trabalho. Além disso, deve-se considerar a aprovação dessas tecnologias e de suas patentes por órgãos regulatórios para uso em cosméticos ao redor do mundo, de forma a garantir a segurança e eficiência dos princípios ativos e demais componentes nas formulações.

## 6. CONCLUSÃO

Apesar do grande número de artigos disponíveis sobre as principais fontes naturais de CAVs que podem ser utilizados como tecnologias de *upcycling* para a indústria de cosméticos, ainda não se tem total compreensão dos seus possíveis impactos ambientais em nível industrial. Através de um *design* de produtos que contemple as consequências ambientais de cada fase de produção, incluindo o pós-consumo, espera-se que a necessidade da extração de matérias-primas novas e do uso de energia sejam reduzidas, além de agregar valor aos resíduos existentes e provenientes de outras indústrias. Contudo, já é possível compreender os impactos sociais da implementação dessas tecnologias no mercado, pois ressoa com o atual movimento de produtos mais sustentáveis, devido à conscientização dos consumidores e maior demanda por responsabilidade corporativa. Como muitas dessas tecnologias ainda estão em desenvolvimento, tudo deve vir sempre acompanhado por estudos que certifiquem segurança e qualidade ao produto, tanto para que as empresas tenham interesse em implementá-las, quanto para a satisfação dos consumidores com os resultados da inovação sustentável que lhes é oferecida. Assim, o *upcycling* é uma estratégia alinhada aos princípios da economia circular, com potencial espaço para atuação do profissional farmacêutico e de transformação do mercado de cosméticos como o conhecemos.

## 7. BIBLIOGRAFIA

1. AGUIAR, J. B. *et al.* Water sustainability: A waterless life cycle for cosmetic products. **Sustainable Production and Consumption**, v. 32, p. 35–51, 1 jul. 2022. Acesso em: 28 ago. 2023.
2. ANDRADY, A. L.; ZHU, L. Microplastics as Pollutants in the Marine Environment. **Anthropogenic Pollution of Aquatic Ecosystems**, p. 373–399, 1 jan. 2021. Acesso em: 6 set. 2023.
3. BARBULOVA, A.; COLUCCI, G.; APONE, F. New Trends in Cosmetics: By-Products of Plant Origin and Their Potential Use as Cosmetic Active Ingredients. **Cosmetics**, v. 2, n. 2, p. 82–92, 16 abr. 2015. Acesso em: 5 set. 2023.
4. BAIANO, A. Recovery of Biomolecules from Food Wastes — A Review. **Molecules**, v. 19, n. 9, p. 14821–14842, 17 set. 2014. Acesso em: 5 set. 2023.
5. BARROS, C.; BEVENUTO, R. B. G. Natural and Organic Cosmetics: Definition and Concepts. **Journal of Cosmetology & Trichology**, v. 6, n. 2, 1 jan. 2020. Acesso em 7 out. 2023.
6. BAUMANN, L. *et al.* Clinical Relevance of Elastin in the Structure and Function of Skin. **Aesthetic surgery journal**, v. 3, n. 3, 14 maio 2021. Acesso em: 22 set. 2023.
7. Beauty & Personal Care – Global. **Statista Market Forecast**, 2023. Disponível em: <https://www.statista.com/outlook/cmo/beauty-personal-care/worldwide#revenue>. Acesso em: 14 jul. 2023.
8. BEDOUX A. *et al.* Bioactive Components from Seaweeds. *Advances in Botanical Research*, p. 345–378, 1 jan. 2014. Acesso em: 5 set. 2023.
9. BERGMANN J. C. *et al.* Biodiesel production in Brazil and alternative biomass feedstocks. **Renewable & Sustainable Energy Reviews**, v. 21, p. 411–420, 1 maio 2013. Acesso em: 19 set. 2023.
10. BHOR, N. J. *et al.* Multifunctional Excipients: The Smart Excipients. Disponível em: <<https://www.semanticscholar.org/paper/Multifunctional-Excipients%3A-The-Smart-Excipients-Bhor-Bhusare/4762f227b83db20340f6ed6f7db5f89c51f1e255>>. Acesso em: 02 out. 2023.
11. BOM, S. *et al.* A step forward on sustainability in the cosmetics industry: A review. **Journal of Cleaner Production**, v. 225, p. 270–290, 1 jul. 2019. Acesso em: 20 jul. 2023.
12. BRESFELEAN, V. P.; RES, M.-D.; COMES, C.-A. ERP-PCS Connection in the Cosmetics Industry: Opportunities to Increase Energy Efficiency. **International**

- Journal of Academic Research in Business and Social Sciences**, v. 5, n. 9, 15 out. 2015. Acesso em: 30 ago. 2023.
13. BRIASCO B. *et al.* Packaging Evaluation Approach to Improve Cosmetic Product Safety. **Cosmetics**, v. 3, n. 3, p. 32–32, 5 set. 2016. Acesso em: 6 set. 2023.
  14. Caderno de Tendências 2019 – 2020. **ABIHPEC**. São Paulo, 2020. Disponível em: <https://abihpec.org.br/publicacao/caderno-de-tendencias-2019-2020/>. Acesso em: 15 jul. 2023.
  15. CERVELLON, M.; CAREY, L. Consumers' perceptions of "green": Why and how consumers use eco-fashion and green beauty products. **Critical studies in fashion & beauty**, v. 2, n. 1, p. 117–138, 22 dez. 2011. Acesso em: 18 jul. 2023.
  16. CHEN, H. *et al.* State of the art on food waste research: a bibliometrics study from 1997 to 2014. **Journal of Cleaner Production**, v. 140, p. 840–846, 1 jan. 2017. Acesso em: 4 set. 2023.
  17. CHOI, Y. H.; SEONG HUN KIM; LEE, K. H. Changes in consumers' awareness and interest in cosmetic products during the pandemic. **Fash Text**. v. 9, n. 1, 5 jan. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s40691-021-00271-8>. Acesso em: 01 set. 2023.
  18. Circular economy introduction. **Ellen MacArthur Foundation**, 2012. Disponível em: <https://ellenmacarthurfoundation.org/topics/circular-economy-introduction/overview>. Acesso em: 2 set. 2023.
  19. COMAN, V. *et al.* Bioactive potential of fruit and vegetable wastes. **Advances in food and nutrition research**, p. 157–225, 1 jan. 2020. Acesso em: 4 set. 2023.
  20. Cosmetic Raw Materials Market Report 2023 | Forecast, 2030. **Business Research Insights**. Disponível em: <https://www.businessresearchinsights.com/market-reports/cosmetic-raw-materials-market-100628>. Acesso em: 28 ago. 2023.
  21. COUTEAU, C.; COIFFARD, L. Phycocosmetics and Other Marine Cosmetics, Specific Cosmetics Formulated Using Marine Resources. **Marine Drugs**, v. 18, n. 6, p. 322–322, 18 jun. 2020. Acesso em: 5 set. 2023.
  22. COUTEAU, C.; COIFFARD, L. Seaweed Application in Cosmetics. **Cosmetics**, p. 423–441, 1 jan. 2016. Acesso em: 5 set. 2023.
  23. CUBAS, A.L.V. *et al.* The Beauty Industry and Solid Waste. *In*: LEAL, W. F., DE ANDRADE GUERRA, J.B.S. (eds) **Water, Energy and Food Nexus in the Context of Strategies for Climate Change Mitigation**. Climate Change

- Management. Springer, Cham, 2020. Disponível em: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-57235-8\\_18](https://doi.org/10.1007/978-3-030-57235-8_18). Acesso em: 28 ago. 2023.
24. DOBSON, I.; MCCORMICK, A. S.; KING, D. A. Solvents in the environment. **Directory of solvents**, p. 105–126, 1 jan. 1996.
25. ECKELMAN, M. J. *et al.* Applying green chemistry to raw material selection and product formulation at The Estée Lauder Companies. **Green Chemistry**, v. 24, n. 6, p. 2397–2408, 1 jan. 2022. Acesso em: 4 set. 2023.
26. ERNI-CASSOLA, G. *et al.* Distribution of plastic polymer types in the marine environment; A meta-analysis. **Journal of Hazardous Materials**, v. 369, p. 691–698, 1 maio 2019. Acesso em: 6 set. 2023
27. FONSECA-SANTOS, B.; CORRÊA, M. A.; CHORILLI, M. Sustainability, natural and organic cosmetics: consumer, products, efficacy, toxicological and regulatory considerations. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 51, n. 1, p. 17–26, 1 mar. 2015. Acesso em: 4 set. 2023.
28. FORTUNATI, S.; MARTINIELLO, L.; MOREA, D. The Strategic Role of the Corporate Social Responsibility and Circular Economy in the Cosmetic Industry. **Sustainability**, v. 12, n. 12, p. 5120–5120, 23 jun. 2020. Acesso em: 30 ago. 2023.
29. FRANCA, C. C.; UENO, H. M. Green Cosmetics: Perspectives and Challenges in the Context of Green Chemistry. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 53, p. 133-50, 27 abr. 2020. DOI 10.5380/dma.v53i0.62322. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/made/article/view/62322>. Acesso em: 18 jul. 2023.
30. GERSTELL, E. *et al.* How COVID-19 is changing the world of beauty. [s.l.] **McKinsey & Company**, maio 2020. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Industries/Consumer%20Packaged%20Goods/Our%20Insights/How%20COVID%2019%20is%20changing%20the%20world%20of%20beauty/How-COVID-19-is-changing-the-world-of-beauty-vF.pdf>. Acesso em: 14 jul. 2023.
31. GUPTA, R.; MEGHWAL, M.; PRABHAKAR, P. K. Bioactive compounds of pigmented wheat (*Triticum aestivum*): Potential benefits in human health. **Trends in Food Science and Technology**, v. 110, p. 240–252, 1 abr. 2021. Acesso em: 21 set. 2023.
32. HÜBNER, A. DE A. *et al.* Technological Aspects and Potential Cutaneous Application of Wine Industry By-Products. **Applied Sciences**, v. 13, n. 16, p. 9068, 8 ago. 2023. Acesso em: 23 set. 2023.
33. JACQUEMIN, L.; PONTALIER, P.; SABLAYROLLES, C. Life cycle assessment (LCA) applied to the process industry: a review. **International Journal of Life**

- Cycle Assessment**, v. 17, n. 8, p. 1028–1041, 3 maio 2012. Acesso em: 30 ago. 2023.
34. KANEDA, I. Rheology Control Agents for Cosmetics. **Rheology of soft and biological matter**, p. 295–321, 17 nov. 2016. Acesso em 25 set 2023.
35. KIM, J. *et al.* Review of Soybean Phytochemicals and Their Bioactive Properties Relevant for Skin Health. **Journal of food and nutrition research**, v. 5, n. 11, p. 852–858, 12 nov. 2017. Acesso em: 21 set. 2023.
36. KIM, S. *et al.* Marine waste *upcycling*—recovery of nylon monomers from fishing net waste using seashell waste-derived catalysts in a CO<sub>2</sub>-mediated thermocatalytic process. *Journal of materials chemistry*. **Materials for energy and sustainability**, v. 10, n. 37, p. 20024–20034, 1 jan. 2022. Acesso em: 6 set. 2023.
37. KIRCHHERR, J.; REIKE, D.; HEKKERT, M. P. Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. **Resources Conservation and Recycling**, v. 127, p. 221–232, 1 dez. 2017. Acesso em: 01 set. 2023.
38. KOLLING, C.; DUARTE, L.; FLEITH, J. Performance of the cosmetics industry from the perspective of Corporate Social Responsibility and Design for Sustainability. **Sustainable Production and Consumption**, v. 30, p. 171–185, 1 mar. 2022. Acesso em: 2 set. 2023.
39. KRISHNA, M. S.; JASEELA, F.; GIRIJA, V. V. Cosmetic Potential of Natural Products: Industrial Applications. **Natural Bio-active Compounds**, p. 215–250, 1 jan. 2019. Acesso em: 2 set. 2023.
40. KUREK-GÓRECKA, A. *et al.* Bee Products in Dermatology and Skin Care. **Molecules**, v. 25, n. 3, p. 556–556, 28 jan. 2020. Acesso em: 22 set. 2023.
41. LES FLEURS DU DECHET – I AM TRASH. Disponível em: <https://www.etatlibredorange.com/products/les-fleurs-du-dechet-i-am-trash>. Acesso em: 06 out. 2023.
42. ŁĘSKA, B; MESSYASZ, B.; SCHROEDER, G. Application of Algae Biomass and Algae Extracts in Cosmetic Formulations. **Algae Biomass: Characteristics and Applications**, p. 89–101, 1 jan. 2018. Acesso em: 5 set. 2023.
43. Less is more: How the pandemic shifted the Beauty market. **Kantar**, 2022. Disponível em: <https://www.kantar.com/inspiration/fmcg/less-is-more-how-the-pandemic-shifted-the-beauty-market>. Acesso em: 15 jul. 2023.
44. MACFARLANE, B. Common Cosmetic Ingredients: Chemistry, Actions, Safety and Products. 5 abr. 2019.
45. MAGNIER, L.; MUGGE, R.; SCHOORMANS, J. Turning Ocean garbage into products – Consumers’ evaluations of products made of recycled ocean plastic.

- Journal of Cleaner Production**, v. 215, p. 84–98, 1 abr. 2019. Acesso em: 6 set. 2023.
46. MARTÍNEZ-ARMENTA, C. *et al.* Therapeutic Potential of Bioactive Compounds in Honey for Treating Osteoarthritis. **Frontiers in Pharmacology**, v. 12, 21 abr. 2021. Acesso em: 23 set. 2023.
47. MAYER, A. Agribusiness and Family Farming in Brazil: Competing Modes of Agricultural Production. **Land Use Competition**, v. 6, p. 279 - 293, 1 jan. 2016. Acesso em: 19 set. 2023.
48. MAZZI, A. Introduction. Life cycle thinking. **Sustainable Production and Consumption**, p. 1–19, 1 jan. 2020. Acesso em: 2 set. 2023.
49. MIKRONI *et al.* Circular economy in the cosmetics industry: An assessment of sustainability reporting. **Circular Economy and Sustainability**, p. 609–617, 1 jan. 2022. Acesso em: 28 ago. 2023.
50. NGUYEN, L. N. *et al.* Polyacrylate crosspolymer-11 enhances soil clay dispersibility: An indication for inadvertent environmental impacts from personal care and cosmetic ingredients. **Science of The Total Environment**, v. 806, p. 150459–150459, 1 fev. 2022. Acesso em: 28 ago. 2023.
51. NIERADKO-IWANICKA, B.; WYSOKIŃSKA, K. Chemical and physical UV filters. **Polish Journal of Public Health**, v. 132, n. 1, p. 48–51, 2022. Acesso em 25 set 2023.
52. PAL, K. C. Environmental pain with human beauty. **Cognitive Data Models for Sustainable Environment**, p. 231–252, 1 jan. 2022. Acesso em: 28 ago. 2023.
53. Panorama do Setor 2022. **ABIHPEC**. São Paulo, 2022. Disponível em: <https://abihpec.org.br/publicacao/panorama-do-setor-2022/>. Acesso em: 15 jul. 2023.
54. PARAMITA, E. L.; SAPUTRI, I. A. The Influence of Brand Loyalty on Customers' Repurchase Decisions of Green Beauty Product. **Jurnal Manajemen Bisnis**, v. 13, n. 1, p. 121–137, 29 mar. 2022. Acesso em: 18 jul. 2023.
55. PINTO, D. *et al.* Cosmetics—food waste recovery. **Food Waste Recovery**, p. 503–528, 1 jan. 2021. Acesso em: 5 set. 2023.
56. RAPOSO, S. *et al.* Cold processed oil-in-water emulsions for dermatological purpose: formulation design and structure analysis. **Pharmaceutical Development and Technology**, v. 19, n. 4, p. 417–429, 25 abr. 2013. Acesso em: 28 ago. 2023.

57. RODRIGUES, F.; NUNES, M. A.; ALVES, R. C. Applications of recovered bioactive compounds in cosmetics and other products. Handbook of Coffee Processing By-Products. **Sustainable Applications**, p. 195 – 220, 1 jan. 2017. Acesso em: 20 set. 2023.
58. RODRIGUES, F.; PIMENTEL, F. B.; P.P, B. Olive by-products: Challenge application in cosmetic industry. **Industrial Crops and Products**, v. 70, p. 116–124, 1 ago. 2015. Acesso em: 21 set. 2023.
59. ROY, P. *et al.* A review of life cycle assessment (LCA) on some food products. **Journal of Food Engineering**, v. 90, n. 1, p. 1–10, 1 jan. 2009. Acesso em: 30 ago. 2023.
60. SAGAR N. A. *et al.* Fruit and Vegetable Waste: Bioactive Compounds, Their Extraction, and Possible Utilization. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 17, n. 3, p. 512–531, 25 mar. 2018. Acesso em: 24 set. 2023.
61. SAHOTA, A. **Sustainability: how the cosmetics industry is greening up**. Chichester, West Sussex, United Kingdom: Wiley, 2014.
62. SANFELICE A. M.; TRUITI M. C. D. Produtos em filme – Inovação na tecnologia de cosméticos. **Acta Scientiarum Health Science**, v. 32, n. 1, 1 jan. 2010. Acesso em 25 set 2023.
63. SANTOS *et al.* Cleaner production alternatives for a cosmetics industry in Southern Bahia. **Independent Journal of Management & Production**, v. 12, n. 4, p. 1068–1086, 1 jun. 2021. Acesso em: 28 ago. 2023.
64. SANTOS *et al.* Coffee by-products in topical formulations: A review. **Trends in Food Science and Technology**, v. 111, p. 280–291, 1 maio 2021. Acesso em: 20 set. 2023.
65. Scents and Sustainability: Introducing Firmenich’s New Circular Fragrance Collection. Disponível em: <https://www.firmenich.com/fragrance/blog-article/scents-and-sustainability>. Acesso em: 06 out. 2023.
66. SCHROEDER, G.; MESSYASZ, B.; ŁĘSKA, B. Economic Aspects of Algae Biomass Harvesting for Industrial Purposes. The Life-Cycle Assessment of the Product. **Algae Biomass: Characteristics and Applications**, p. 131–143, 1 jan. 2018. Acesso em: 5 set. 2023.
67. SECCHI M. *et al.* Assessing eco-innovations in green chemistry: Life Cycle Assessment (LCA) of a cosmetic product with a bio-based ingredient. **Journal of Cleaner Production**, v. 129, p. 269–281, 1 ago. 2016. Acesso em: 28 ago. 2023.
68. Setor de HPPC cresceu próximo a 10% no primeiro semestre de 2022 e sinaliza bons negócios durante a feira in-cosmetics Latin America. **ABIHPEC**. São Paulo, 2022. Disponível em: <https://abihpec.org.br/comunicado/setor-de-hppc-cresceu->

- proximo-a-10-no-primeiro-semestre-de-2022-e-sinaliza-bons-negocios-durante-a-feira-in-cosmetics-latin-america/. Acesso em: 15 jul. 2023.
69. SOTO, M. L.; FALQUÉ, E.; DOMÍNGUEZ, H. Relevance of Natural Phenolics from Grape and Derivative Products in the Formulation of Cosmetics. **Cosmetics**, v. 2, n. 3, p. 259–276, 13 ago. 2015. Acesso em: 22 set. 2023.
70. THIYAGARASAIYAR K. *et al.* Algae Metabolites in Cosmeceutical: An Overview of Current Applications and Challenges. **Marine Drugs**, v. 18, n. 6, p. 323–323, 19 jun. 2020. Acesso em: 5 set. 2023.
71. TIMORSHINA, S.; ПОПОВА, Е. А.; OSMOLOVSKIY, А. А. Sustainable Applications of Animal Waste Proteins. **Polymers**, v. 14, n. 8, p. 1601–1601, 14 abr. 2022. Acesso em: 20 set. 2023.
72. UNEP Food Waste Index Report 2021. **United Nations Environment Programme**. Disponível em: <<https://www.unep.org/resources/report/unep-food-waste-index-report-2021>>. Acesso em: 3 set. 2023.
73. *Upcycled* Ingredient Directory | Zero Waste Active Cosmetic Ingredients For Skin, Hair, & Make Up Formulations. Disponível em: <https://www.upcycledbeauty.com/upcycled-directory>. Acesso em: 07 out. 2023.
74. V. KOMOLPRASERT; BAILEY, A. B. Recycled plastics for food applications: improving safety and quality. **Environmentally Compatible Food Packaging**, p. 326–350, 1 jan. 2008. Acesso em: 6 set. 2023.
75. Who Cares, Who Does? **Kantar**, 2022. Disponível em: <https://www.kantar.com/campaigns/who-cares-who-does-in-the-fmcg-industry>. Acesso em: 15 jul. 2023.
76. Who Cares? Who Does? Latam 2022. **Kantar**, 2022. Disponível em: <https://www.kantar.com/brazil/campaigns/wp/2022/wc wd-latam-2022>. Acesso em: 15 jul. 2023.
77. WU. An artificially designed elastin-like recombinant polypeptide improves aging skin. **American journal of translational research**, v. 14, n. 12, 2022. Acesso em: 22 set. 2023.
78. YAZAR K. *et al.* Preservatives and fragrances in selected consumer-available cosmetics and detergents. **Contact Dermatitis**, v. 64, n. 5, p. 265–272, 7 dez. 2010. Acesso em 03 out. 2023.
79. ZEIN, A. *et al.* High-Value Compounds in Fruit, Vegetable and Cereal Byproducts: An Overview of Potential Sustainable Reuse and Exploitation. **Molecules**, v. 25, n. 13, p. 2987–2987, 30 jun. 2020. Acesso em: 2 set. 2023.

80. ZILLICH, O. V. *et al.* Polyphenols as active ingredients for cosmetic products. **International Journal of Cosmetic Science**, v. 37, n. 5, p. 455–464, 16 mar. 2015. Acesso em: 23 set. 2023.

18/10/2023



---

Data e assinatura do aluno(a)

18/10/2023



---

Data e assinatura do orientador(a)