

NANOTECNOLOGIA EM COSMÉTICA

NANOTECHNOLOGY IN COSMETICS

Pedro Aguiar Trancoso¹
Thaina Osório Lima²
Vitoria Maria Jalles Hochleitner³
Eduardo Roberto Cole⁴

RESUMO

A nanotecnologia, centrada na manipulação de materiais em escala nanométrica (1-100 nm), possibilita o desenvolvimento de propriedades funcionais únicas que ampliam significativamente suas aplicações industriais. No presente trabalho, foi realizada uma revisão de literatura sobre a aplicação da nanotecnologia na área cosmética. No setor cosmético, nanoestruturas como lipossomas, micelas e nanoemulsões são empregadas para aumentar a eficácia e estabilidade de ativos, permitindo uma absorção mais profunda e prolongada dos produtos pela pele. Esse avanço promove formulações mais eficazes para hidratação, proteção contra o envelhecimento e tratamentos estéticos variados. Além do impacto positivo na saúde da pele, a nanotecnologia impulsiona um mercado econômico em rápida expansão, com o valor global de nanomateriais atingindo trilhões de dólares e uma taxa de crescimento contínua, especialmente nos setores de cosméticos e medicamentos. A expansão do uso da nanotecnologia, no entanto, também traz desafios regulatórios, demandando políticas equilibradas que promovam inovação segura, garantindo a proteção ambiental e a saúde pública, especialmente em produtos de aplicação direta como os cosméticos.

Palavras-chave: Cosmético; Nanotecnologia; Regulamentação; Inovação; Nanocosméticos.

ABSTRACT

Nanotechnology, focused on manipulating materials at the nanoscale (1–100 nm), enables the development of unique functional properties that significantly expand its industrial applications. In this work, a literature review was carried out on the application of nanotechnology in the cosmetics area. In the cosmetic sector, nanostructures such as liposomes, micelles, and nanoemulsions are employed to enhance the efficacy and stability of active ingredients, allowing deeper and prolonged skin absorption. This advancement leads to more effective formulations for hydration, anti-aging protection, and various aesthetic treatments. In addition to its positive impact on skin health, nanotechnology drives a rapidly expanding economic market, with the global value of nanomaterials reaching trillions of dollars and experiencing continuous growth, particularly in the cosmetics and pharmaceuticals sectors. However, the expanding use of nanotechnology also brings regulatory challenges, requiring balanced policies that foster safe innovation while ensuring environmental protection and public health, especially for directly applied products such as cosmetics.

Keywords: Cosmetics; Nanotechnology; Regulation; Innovation; Nanocosmetics.

¹Acadêmico do Curso de Farmácia da Universidade Vila Velha. E-mail: pedroaguiartrancoso@gmail.com

²Acadêmica do Curso de Farmácia da Universidade Vila Velha. E-mail: thaina-llima@hotmail.com

³Acadêmica do Curso de Farmácia da Universidade Vila Velha. E-mail: vitoriamjalles@gmail.com

⁴Docente do Curso de Farmácia da Universidade Vila Velha, Doutor em Química (UFES). E-mail: educole@uvv.br

1 INTRODUÇÃO

A nanotecnologia é uma área emergente e multidisciplinar que se destaca pela manipulação de materiais em escalas atômicas e moleculares, possibilitando a criação de estruturas e sistemas com propriedades únicas e altamente aplicáveis em diversas áreas. Conforme definido pela National Science Foundation (2000), a nanotecnologia envolve o desenvolvimento de materiais em escala nanométrica, que varia entre 1 a 100 nanômetros, promovendo o avanço de novos dispositivos e materiais com funcionalidades que derivam diretamente de seu tamanho reduzido. Esse campo possibilita o controle de materiais em uma escala que vai muito além das capacidades convencionais, permitindo o desenvolvimento de produtos com maior precisão e eficácia.

Dessa forma a escala nanométrica traz uma série de possibilidades para diferentes setores, desde a medicina até a indústria cosmética, em que materiais em nanoescala são aplicados para melhorar a absorção e estabilidade dos produtos (RAJ et al., 2012).

Além disso, o impacto econômico da nanotecnologia é evidente, com projeções de crescimento significativo no mercado de nanomateriais e aplicações diversas, que visam não apenas a inovação e o desenvolvimento sustentável, mas também a competitividade em escala global. Estima-se que em 2019 o mercado global de nanomateriais tenha alcançado US\$ 8,5 bilhões, com uma previsão de taxa de crescimento anual expressiva até 2027 (GUPTA et al., 2022; FAZZIO et al., 2019). Essa expansão reforça a nanotecnologia como um dos grandes motores da economia global, gerando inovação em setores tradicionais e emergentes.

Essas perspectivas refletem o potencial transformador da nanotecnologia, que se apresenta como uma das principais alavancas para o desenvolvimento de produtos mais eficientes e personalizados, mas que ao mesmo tempo exige regulamentações adequadas para garantir sua segurança e sustentabilidade ambiental, especialmente em aplicações de grande impacto, como na área cosmética, onde tem proporcionado avanços significativos (SCHMALTZ; SANTO; GUTERRES, 2013).

2 METODOLOGIA

Para a construção deste trabalho, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre a aplicação da nanotecnologia em cosmética. Os artigos científicos utilizados na pesquisa foram levantados via *online*, nas bases eletrônicas de dados Scientific Electronic Library Online (SciELO), PubMed e Google Acadêmico, como também em revistas digitais. A busca de referências foi direcionada para publicações entre os anos de 2000 e 2023, com ênfase nos últimos cinco anos, a fim de garantir a atualização das informações. As palavras-chave utilizadas foram: “cosmético”, “nanotecnologia”, “regulamentação”, “inovação” e “nanocosméticos” e os correspondentes em inglês.

Os artigos selecionados passaram por uma leitura preliminar para identificação de sua relevância ao tema proposto. Após essa triagem, foram utilizados para compor esta revisão apenas os estudos que apresentavam dados significativos sobre o uso da nanotecnologia em cosmética. Os materiais encontrados foram analisados qualitativamente, possibilitando uma compreensão aprofundada sobre o impacto da nanotecnologia na melhoria da absorção e estabilidade de ativos cosméticos, bem como seus benefícios na eficácia dos tratamentos estéticos. A partir dessa análise, o estudo buscou responder à seguinte questão de pesquisa: de que forma a nanotecnologia contribui para o aprimoramento de produtos cosméticos, e quais são os benefícios na utilização de nanopartículas em formulações.

3 NANOTECNOLOGIA

Segundo a National Science Foundation (2000), a definição mais ampla de nanotecnologia refere-se ao desenvolvimento da pesquisa e tecnologia em nível atômico, molecular e macromolecular, em escala de aproximadamente 1 a 100 nanômetros, para o conhecimento dos fenômenos básicos e a produção de materiais em nanoescala, possibilitando a criação e o uso de estruturas, dispositivos e sistemas com novas propriedades e funções decorrentes do tamanho.

A nanotecnologia é um ramo inovador da ciência que abrange a produção, caracterização e aplicação de estruturas e sistemas, nas quais suas formas e tamanhos são manipulados dentro da escala nanométrica. O prefixo “nano” vem de nanômetro, unidade de medida referente a um bilionésimo de metro ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$) (RAJ et al., 2012).

Setores como eletrônicos, colóides e compósitos foram pioneiros na adoção de nanomateriais em seus processos produtivos, impulsionando a utilização dessas tecnologias em uma variedade de produtos. No entanto, foi a indústria cosmética, entre 1995 e 2000, que se destacou como a primeira a empregar insumos nanotecnológicos em produtos destinados diretamente ao consumidor final, recebendo uma aceitação imediata e bem-sucedida no mercado. Logo após, o uso das nanotecnologias se expandiu para outros produtos comerciais, como celulares, televisores, baterias, painéis solares, adesivos, roupas e alimentos, refletindo o potencial multifacetado dessa inovação (MARKIEWICZ et al., 2018).

Em setores mais rigorosamente regulamentados, como o de defesa, aeroespacial e automotivo, a adoção de nanomateriais também está em andamento, embora de forma mais gradual, devido à complexidade dos requisitos de segurança e desempenho exigidos. No setor de saúde humana e animal, a expansão é limitada por barreiras regulatórias associadas aos riscos ambientais, de saúde e de segurança, que demandam uma avaliação cautelosa antes da introdução de novos produtos nanotecnológicos. (VALSAMI-JONES; LYNCH, 2015).

3.1 IMPACTO ECONÔMICO DA NANOTECNOLOGIA

No Brasil, a nanotecnologia aplicada a cosméticos vem crescendo rapidamente, com o envolvimento de grandes empresas e pesquisadores de diversas áreas. A pesquisa e o desenvolvimento dessa tecnologia, no entanto, são especialmente avançados nos Estados Unidos, União Europeia e Japão, que em 2008 já investiam aproximadamente 1 bilhão de dólares anuais, respondendo por cerca de metade do desenvolvimento mundial em nanotecnologia. Outros países, como o Brasil, também direcionam recursos consideráveis para essa área; entre 2001 e 2006, por exemplo, o governo brasileiro investiu aproximadamente 140 milhões de reais em pesquisas e desenvolvimentos voltados para a nanotecnologia, consolidando um crescimento gradual no setor (SOUTO, 2023).

A incorporação de nanomateriais vem impulsionando a participação global de produtos farmacêuticos e cosméticos no mercado. Em 2019, o mercado internacional de nanomateriais foi estimado em 8,5 bilhões de dólares, com previsão de crescimento acelerado, chegando a uma taxa anual composta de 13,1% entre 2020 e 2027. Com o aumento do investimento e da aplicação desses materiais, inúmeros produtos que utilizam nanotecnologia têm sido disponibilizados globalmente. Em 2018, o valor de mercado dos produtos com nanotecnologia ultrapassou 1 trilhão de dólares, refletindo o potencial econômico e o amplo uso desses avanços tecnológicos (GUPTA et al., 2022).

A nanotecnologia tem ainda um papel estratégico na sustentabilidade e no desenvolvimento global. Segundo o relatório "Nanotechnology for Disaster Relief and Development Cooperation", elaborado na Alemanha, essa tecnologia pode facilitar o

crescimento econômico sustentável, ao mesmo tempo em que reduz o consumo de recursos e a poluição. Por meio de suas aplicações, a nanotecnologia pode contribuir para uma economia que dissocia crescimento de consumo excessivo, possibilitando o desenvolvimento de novas estratégias de produção e uso de materiais com menor impacto ambiental (FAZZIO et al., 2019).

Em 2014 o Brasil possuiu um mercado robusto no setor de higiene pessoal, perfumaria e cosméticos, com 1.123 empresas atuantes, das quais quinze empresas são de grande porte e representam 73,4% do faturamento total, consolidando o país como o terceiro maior consumidor mundial de produtos de higiene e beleza, segundo a Associação Brasileira da Indústria de Higiene Pessoal (ABIHPEC) e dados da Euromonitor. Nesse cenário, a nanotecnologia surge como um importante diferencial, permitindo o desenvolvimento de produtos mais eficazes e estáveis, como os nanocosméticos, que respondem à crescente demanda por alto desempenho e segurança. Além do impacto positivo no setor econômico, a nanotecnologia promove processos industriais mais sustentáveis, possibilitando uma produção eficiente e menos poluente, o que contribui para o crescimento equilibrado sem sobrecarregar o meio ambiente. Essa tecnologia impulsiona a inovação no mercado ao permitir que países, inclusive emergentes, avancem tecnologicamente sem pressões excessivas sobre o clima e os recursos naturais, viabilizando um futuro em que progresso e sustentabilidade caminham juntos (MATOS et al., 2023).

Segundo dados da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), o mercado global de insumos nanotecnológicos, incluindo nanomateriais e nanodispositivos, foi avaliado em US\$ 7,24 bilhões em 2017, com uma projeção de crescimento para US\$ 24,56 bilhões em 2025. Além disso, estima-se que a nanotecnologia impacte indiretamente mais de 12 mil empresas em 53 países, com uma receita global superior a US\$ 3 trilhões em 2020.

Em termos de segmentação, em 2015, 83,3% do volume comercializado de nanoprodutos era composto por nanopartículas e filmes em nanoescala, 16,6% por nanoferramentas, e 0,1% por nanodispositivos. Esse panorama de crescimento reflete o contínuo avanço das nanotecnologias, que prometem não apenas aprimorar a eficiência de diversos setores industriais, mas também fomentar a inovação em áreas emergentes, como medicina regenerativa, tecnologias limpas e materiais inteligentes. Isso reforça a necessidade de regulamentações adequadas e de políticas que equilibrem o progresso tecnológico com a proteção ambiental e a saúde pública, especialmente em um cenário de rápida evolução e adoção dessas tecnologias (FRIEDRICH, 2018).

De acordo com dados da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), no início de 2018, as 52 empresas fornecedoras de nanotecnologias no Brasil alcançaram um faturamento superior a R\$ 175 milhões em 2017, apresentando um crescimento médio de 27% ao ano. O uso das nanotecnologias no setor privado ainda está em fase de aprendizado, uma vez que a maioria das empresas brasileiras atua apenas como usuárias dessas tecnologias.

No entanto, houve um crescimento expressivo no número de empresas que se destacam como produtoras e desenvolvedoras de pesquisa e desenvolvimento (P&D) em nanotecnologia, impulsionado pela criação de *startups* e empresas de base tecnológica (FAZZIO et al., 2019).

3.2 APLICAÇÕES DA NANOTECCNOLOGIA

A nanotecnologia abrange diversas áreas de atuação, incluindo eletrônica, tecnologia da informação, meio ambiente, energia, materiais avançados, ferramentas de pesquisa e desenvolvimento de embalagens. No entanto, ainda existem preocupações relacionadas à falta de conhecimento sobre como os materiais que utilizam nanotecnologia interagem em níveis

moleculares e fisiológicos, e quais seriam seus possíveis efeitos na saúde dos consumidores e no meio ambiente. As principais áreas de aplicação da nanotecnologia incluem agronegócio, biotecnologia, setor energético, química de polímeros, pigmentos e tintas, microeletrônica, setor têxtil e cosméticos. Esses setores representam os principais focos de desenvolvimento econômico no uso da nanotecnologia (HENZ et al., 2024).

Os avanços nas pesquisas cosméticas acompanham uma tendência global de inovação tecnológica em diversos setores da indústria, resumida no princípio "quanto menor, melhor". A evolução da nanotecnologia tem sido um dos principais impulsionadores desse progresso, permitindo o desenvolvimento de formulações cosméticas cada vez mais eficientes. Isso ocorre porque os nanoativos, graças à sua menor escala, possuem maior capacidade de penetrar nas camadas mais profundas da pele, além de apresentarem maior estabilidade devido aos sistemas de transporte avançados que são utilizados. Esses avanços não apenas ampliam as opções disponíveis para o tratamento de questões estéticas, como também oferecem produtos mais eficazes e personalizados, resultando em um aumento significativo no interesse e aceitação por parte dos consumidores. A nanotecnologia cosmética também abre novos horizontes para a pesquisa em dermatologia, possibilitando soluções mais precisas e seguras para diferentes tipos de pele e necessidades estéticas (SCHMALTZ; SANTO; GUTERRES, 2013).

3.3 NANOTECNOLOGIA E COSMÉTICOS

As nanopartículas utilizadas nos produtos cosméticos dividem-se em dois grupos: lábeis e insolúveis. Lábeis são aquelas de constituição biodegradável que se dissolvem física ou quimicamente após a sua aplicação sobre a pele (lipossomas e nanopartículas lipídicas ou biopoliméricas). Já as partículas insolúveis, como fulerenos, nanotubos de carbono e partículas metálicas, são incapazes de se desestruturar nos meios biológicos. Há uma ampla diversidade de nanoestruturas utilizadas na formulação de cosméticos, sendo que entre as mais destacadas estão os lipossomas, micelas, nanopartículas poliméricas (subdivididas em nanocápsulas e nanoesferas), nanopartículas lipídicas sólidas, nanoemulsões e niossomas (ZANETI-RAMOS, 2023; ASSIS, 2019).

Além dessas, outras estruturas inovadoras também merecem menção, como os drones cosméticos, o Sistema Lipossomal Elástico (LIPE), Nanocubes e Carbossomas, que representam tecnologias avançadas desenvolvidas por empresas brasileiras. A aplicação dessas nanoestruturas é bastante difundida em uma variedade de produtos cosméticos, incluindo xampus, condicionadores, pastas de dentes, cremes antirrugas, cremes anticelulite, clareadores de pele, hidratantes, pós faciais, loções pós-barba e pós-sol, desodorantes, sabonetes, fotoprotetores, maquiagens, perfumes e esmaltes. Essas tecnologias têm transformado a indústria cosmética, possibilitando o desenvolvimento de produtos com maior eficácia, estabilidade e benefícios sensoriais aprimorados para os consumidores (KESHARWANI; DUBEY; 2023).

A aplicação da nanotecnologia em cosméticos destaca-se por sua eficiência, em especial pela inclusão de nanopartículas que aumentam a capacidade de absorção dos produtos pela pele, promovendo melhores resultados. Entre os nanocarreadores mais empregados estão os lipossomas, que, conforme descrito por Assis (2019), desempenham papel duplo: potencializam a incorporação de substâncias ativas nas células e atuam como veículos para liberação controlada de ativos. Suas estruturas vesiculares, formadas por moléculas anfifílicas, permitem a encapsulação de compostos tanto hidrofílicos quanto lipofílicos, o que possibilita sua incorporação em cosméticos com o propósito de enriquecer a camada lipídica do estrato córneo e aumentar a hidratação da pele (ZANNETI-RAMOS, 2023).

A tecnologia com lipossomas é amplamente aplicada em cremes, loções e géis com

ativos que auxiliam na prevenção da queda capilar, estímulo do crescimento do cabelo, redução do envelhecimento da pele, clareamento de manchas e tratamento anticelulite. Já as micelas, conforme Medeiros (2017), consistem em sistemas com um núcleo hidrofóbico envolto por uma camada hidrofílica, o que as torna excelentes para transportar ativos hidrofóbicos, muitas vezes instáveis e insolúveis em ambientes fisiológicos. Por essa estrutura, as micelas capturam sujidades de natureza oleosa, prevenindo seu retorno à superfície e promovendo uma limpeza eficaz. Na cosmética, são utilizadas em protetores solares, desodorantes, perfumes e, especialmente, em produtos de limpeza da pele, como a água micelar, eficaz na remoção de maquiagem e resíduos (FARIAS et al., 2023).

3.4 NANOEMULSÕES

As nanoemulsões são sistemas de dispersão líquida caracterizados por sua alta estabilidade cinética e termodinâmica, apresentando-se em forma transparente ou translúcida. Existem diversos tipos de sistemas de nanoemulsão, como óleo em água (O/A), água em óleo (A/O), sistemas bicontínuos ou até mesmo sistemas de múltiplas camadas (O/A/O ou A/O/A) (DUBEY et al., 2022; PANDEY et al., 2018).

A preparação desses sistemas pode variar, o que resulta em formulações com diferentes consistências, como aquosa, cremosa ou gelatinosa, dependendo do propósito específico da formulação. O pequeno tamanho das gotículas, que varia entre 50 e 200 nm, proporciona baixa tensão interfacial e uma maior capacidade de solubilização, além de solucionar problemas comuns em sistemas macromoleculares, como sedimentação, floculação, formação de creme e coalescência. Para a produção de nanoemulsões, utilizam-se técnicas como homogeneização de alta pressão, sonicação, microfluidização e inversão de fase, nas quais são incorporados surfactantes e co-surfactantes que conferem estabilidade à formulação. Devido a essas propriedades, as nanoemulsões têm ampla aplicação na indústria farmacêutica e cosmeceutica, sendo utilizadas em produtos como cremes, loções, desodorantes, protetores solares, sprays, xampus e formulações à base de gel (DUBEY et al., 2022; PANDEY et al., 2018).

As nanoemulsões também são eficazes em promover alta permeação cutânea e em minimizar a perda de água na epiderme, criando uma camada protetora na pele. Apresentam uma textura rica e atraente, tornando-se veículos cosméticos ideais e altamente desejáveis. Segundo Sonnevile-Aubrun; Yukuyama; Pizzino (2018), pesquisadores desenvolveram nanoemulsões do tipo óleo em água contendo 1% de extrato de *Opuntia ficus-indica*. Os resultados mostraram que essa formulação proporcionou uma estabilidade aprimorada por um período de 2 meses. Além disso, observou-se um aumento na hidratação cutânea e na retenção de água no estrato córneo, evidenciando o efeito hidratante dessa nanoemulsão.

Existem várias patentes de sistemas à base de nanoemulsão, como o nanogel Kemira. A L'Oréal, por exemplo, patenteou nanoemulsões formuladas com ácido fosfórico e ésteres de ácidos graxos, demonstrando o interesse contínuo na inovação de nanoemulsões cosméticas (ASHAOLU, 2021).

3.5 NANOCÁPSULAS

As nanocápsulas são sistemas nanovesiculares caracterizados por uma estrutura diferenciada com um núcleo que pode ser sólido ou líquido, envolvido por um invólucro típico e com tamanho variando de aproximadamente 100 a 500 nm. Essas estruturas permitem que substâncias sejam transportadas dentro de uma cavidade revestida por uma membrana, o que ajuda a proteger ingredientes ativos sensíveis, reduzir odores indesejados e evitar incompatibilidades com outros componentes da formulação, além de favorecer a absorção pela pele. O primeiro produto a empregar nanocápsulas foi um creme antienvelhecimento contendo

vitamina A. As nanocápsulas são vesículas compostas por uma parede polimérica e um núcleo oleoso, e são capazes de carregar substâncias ativas que podem estar dispersas ou adsorvidas. Dessa forma, essas substâncias se tornam mais estáveis e solúveis. Substâncias dispersas se encontram no interior do núcleo oleoso, já aquelas adsorvidas se incorporam à parede polimérica da vesícula (AYALA, 2022).

O uso da nanocápsula é realizado para proteção de diferentes sistemas e substâncias nas aplicações cosméticas e farmacêuticas, principalmente para substâncias que perdem sua estrutura em temperaturas maiores que 40°C, pela mudança de pH ou então possuem sensibilidade frente à oxidação em contato com a água ou efeitos pelo contato com a luz ultravioleta (KULKAMP et al., 2009).

3.6 NANOESFERAS

As nanoesferas são formadas por uma matriz polimérica que combina pelo menos dois ativos com propriedades distintas em sua composição, onde o princípio ativo pode ser retido ou adsorvido. Diferentemente das nanocápsulas, as nanoesferas são livres de óleo. Essas partículas são utilizadas para transportar vitaminas, como A, C e, além de algumas fragrâncias (RABELLO, 2016). As nanoesferas possuem um sistema constituído por uma matriz polimérica, onde a substância pode ficar retida ou adsorvida, e não possuem óleo em sua composição fazendo com que o ativo seja distribuído de forma homogênea em seu interior, permitindo que a fragrância se mantenha na pele por mais tempo. Esse sistema libera o ativo gradualmente, o que promove uma nutrição prolongada e mantém o equilíbrio nutricional da pele (SANTOS; MIYASHIRO; SILVA, 2015).

3.7 MICROEMULSÕES

As microemulsões apresentam características notáveis, como baixa viscosidade e transparência, sendo reconhecidas como sistemas isotrópicos e termodinamicamente estáveis. Elas são formadas ao misturar um tensoativo adequado; por exemplo, ao incorporar uma substância lipídica ou um fármaco lipofílico em um meio aquoso, ou ao contrário, colocando fármacos hidrofílicos em um meio oleoso (FIGUEIREDO et al., 2013). Com tamanho variando entre 1 e 100 nm, as microemulsões são bastante promissoras para melhorar a liberação e a permeação de substâncias tanto lipofílicas quanto hidrofílicas. Em comparação com emulsões convencionais, destacam-se pelo tamanho das gotículas, que estão em escala nanométrica (DAUDT et al., 2013). Além disso, elas têm a capacidade de alterar a coloração da formulação de opaca para translúcida, ampliando sua versatilidade e aplicação.

3.8 RISCOS E BENEFÍCIOS DA NANOTECNOLOGIA

Em relação à saúde humana, os nanomateriais podem ser absorvidos pelo corpo por quatro principais vias: nasal (inalação), oral (ingestão), dérmica (absorção) e intravenosa (injeção). No contexto da saúde ambiental, esses nanomateriais podem ser incorporados em organismos e ecossistemas através de solo, água e ar. Nesse cenário, a avaliação precisa e inequívoca da nanotoxicidade torna-se de grande importância para a análise dos riscos associados aos nanomateriais. Além disso, é essencial a criação de cenários realistas de exposição humana e ambiental aos diversos tipos de nanomateriais e seus processos de produção. A partir dessas informações técnico-científicas, juntamente com modelagens computacionais, é possível implementar uma gestão eficaz dos riscos, utilizando procedimentos de nanosseguurança que assegurem o uso responsável e sustentável desses

materiais, amplamente associados às inovações tecnológicas tanto incrementais quanto disruptivas (KLAASSEN, 2008).

Assim, um ponto crucial a ser abordado no contexto das nanotecnologias é a avaliação dos perigos e riscos relacionados a esses materiais. Dentro desse campo, surgem duas áreas fundamentais: a nanotoxicologia e a nanosseguurança. A nanotoxicologia é uma nova área de estudo científico que se dedica a investigar a interação entre nanomateriais e sistemas biológicos, bem como o meio ambiente. O principal objetivo dessa área é compreender, de maneira integrada, os potenciais efeitos adversos, os níveis de toxicidade e os mecanismos de ação dos nanomateriais (MAYNARD; WARHEIT; PHILBERT, 2010).

Já a nanosseguurança refere-se ao conjunto de medidas e práticas destinadas a garantir a segurança ambiental, ocupacional e sanitária em toda a cadeia produtiva e ao longo do ciclo de vida dos nanomateriais. Esse conceito envolve o uso de ferramentas que antecipam, regulamentam e restringem o desenvolvimento de produtos e processos nanotecnológicos, visando mitigar possíveis riscos à saúde e ao meio ambiente. Dessa forma, a combinação de nanotoxicologia e nanosseguurança é essencial para o desenvolvimento responsável e seguro de tecnologias baseadas em nanomateriais como é descrito na PL 880/2013.

3.9 REGULAÇÃO DE NANOMATERIAIS

A regulação é um aspecto crucial para a comercialização de nanoprodutos e para o desenvolvimento de políticas públicas que assegurem o uso responsável e seguro de nanomateriais, tema que se mantém em destaque nos debates internacionais sobre inovação e segurança tecnológica. Um exemplo importante vem da União Europeia, que, desde 2020, incorporou os nanomateriais à sua regulamentação REACH (Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemicals), demonstrando um compromisso robusto com a regulação deste setor. Em contraste, os Estados Unidos adotam uma abordagem mais setorial para a regulamentação de nanomateriais, com diretrizes que seguem as orientações de agências governamentais como o NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health), a EPA (Environmental Protection Agency) e a FDA (Food and Drug Administration). Entretanto, ambos — União Europeia e Estados Unidos — têm estabelecido programas bilaterais para promover a harmonização de normas e a troca de conhecimento técnico na área de nanotecnologia (DUSCHL; WINDGASSE, 2018; ABDI, 2011).

A ausência de um regulamento específico para os nanocosméticos disponíveis no mercado brasileiro, abrangendo aspectos como fabricação, rotulagem e comercialização, motivou a criação do Regulamento (CE) nº 1907/2006, datado de 18 de dezembro de 2006. Este regulamento está relacionado ao registro, avaliação e restrições de certos produtos químicos nanoestruturados. Ele se destaca como o principal instrumento regulatório aplicado aos nanomateriais, visando assegurar a proteção da saúde humana e do meio ambiente, além de fomentar a inovação e a competitividade para um desenvolvimento sustentável e seguro (UNIÃO EUROPEIA, 2006).

Em países desenvolvidos, todas as informações relacionadas aos produtos cosméticos devem ser apresentadas de forma clara na rotulagem dos produtos disponíveis no mercado, assim como em suas estratégias de marketing. É vedado o uso de funções ou características que não estejam presentes, seja através de textos, imagens ou outros sinais. Os dados associados aos produtos cosméticos devem garantir que o consumidor tenha acesso a informações seguras sobre seu uso, sendo apresentadas de maneira compreensível, levando em consideração a diversidade linguística dos consumidores. Além disso, os produtos devem cumprir os objetivos descritos na rotulagem e orientar o consumidor quanto ao modo correto de utilização (UNIÃO EUROPEIA, 2013).

Ainda existem muitos tópicos que envolvem a falta de conhecimento sobre esses

produtos cosméticos. Um dos principais fatores que contribui para essa falta de informação é a carência de dados nas rotulagens, o que dificulta a previsão do número real de produtos que utilizam nanotecnologia e os efeitos a longo prazo desses produtos, que ainda são desconhecidos (GONÇALVES, 2014).

Em algumas situações, os nanocosméticos podem ser introduzidos no mercado sem as avaliações necessárias sobre possíveis danos ou eficácia. Essa falta de informações precisas representa um risco, sendo essencial que se realizem avaliações sobre as formulações dos produtos e seu potencial de exposição aos seres humanos e ao meio ambiente, apesar de estudos que indicam que produtos com nanotecnologia não são nocivos (CAVALCANTI, 2014).

Até recentemente, o FDA não havia estabelecido definições normativas sobre nanotecnologias. Contudo, no primeiro semestre de 2014, emitiu orientações para as indústrias que fabricam esses produtos, relacionadas ao processamento e comercialização. Segundo as orientações, para que um produto apresente a potencialização desejada, as dimensões devem estar entre 1 nm e 100 nm. As indústrias também devem garantir que os produtos não contenham informações incompletas ou enganosas na rotulagem (RAMOS, 2015). No Brasil é encontrado o Comitê Interno de Nanotecnologia da ANVISA (ASCOM), que foi criado no mesmo ano e objetiva realizar a regulação do material no país. Visando à criação de normas ou guias específicos com fins de avaliação e controle de produtos que utilizam nanotecnologia. Além da portaria 1358/14 (ANVISA, 2014) instituir o Comitê, ela também objetiva a criação de um banco de dados a respeito de nanopartículas e nanomateriais que sejam relacionados à saúde e a constituição de um plano de capacitação, entre outras diversas metas (BORTOLI; FORNASIER, 2018).

A ANVISA regula o setor por meio da Resolução RDC N° 7/2015, que estabelece critérios gerais de segurança para produtos de higiene pessoal, cosméticos e perfumes. Embora essa resolução não trate extensivamente de nanomateriais, ela exige que os fabricantes garantam a segurança dos produtos por meio de estudos técnicos (ANVISA, 2015).

Os materiais em escala nanométrica frequentemente sofrem alterações que transformam suas propriedades, permitindo a criação de novos produtos, como protetores solares e antirrugas mais eficazes, além de embalagens mais resistentes. Embora existam diversos exemplos de produtos desenvolvidos com nanotecnologia, muitos são comercializados e utilizados pelos consumidores sem o devido conhecimento, devido à falta de obrigatoriedade nas informações da rotulagem e na propaganda sobre a utilização da nanotecnologia (GUIVANT; NUNES; CASSIANO, 2018).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação de nanotecnologia em cosméticos é um campo que tem ganhado destaque devido ao aumento significativo da eficácia dos produtos, especialmente na área de cuidado e tratamento da pele. As nanopartículas, como lipossomas, nanoesferas e nanoemulsões, possuem características que permitem maior absorção de ativos pela pele e estabilidade prolongada das formulações. Essas propriedades são fundamentais para produtos cosméticos, pois aumentam a penetração dos ativos em camadas mais profundas, promovendo efeitos mais duradouros e específicos.

Especificamente, os lipossomas são sistemas vesiculares que encapsulam substâncias tanto hidrofílicas quanto lipofílicas, garantindo liberação controlada e gradual dos ativos. Essa característica é essencial em produtos voltados para a hidratação e proteção do estrato córneo, pois contribui para a manutenção de um nível adequado de hidratação cutânea, além de reduzir a oxidação dos ingredientes ativos. A aplicação de lipossomas em cosméticos anti-idade tem mostrado resultados superiores em termos de eficácia e durabilidade do efeito estético, uma

vez que a estrutura anfifílica dos lipossomas permite melhor incorporação e liberação dos ativos na pele.

As nanoemulsões, por outro lado, possuem alta estabilidade termodinâmica e são versáteis em produtos de cuidados com a pele, como hidratantes e filtros solares. Sua capacidade de permeação cutânea, aliada ao pequeno tamanho das gotículas, permite que esses produtos formem uma camada protetora que reduz a perda de água pela epiderme, resultando em uma pele mais hidratada e protegida contra fatores externos.

Quanto à regulamentação, a ausência de normas específicas para a rotulagem e segurança dos nanocosméticos ainda é um desafio no Brasil. A falta de exigência regulatória quanto à composição detalhada e à origem dos nanomateriais dificulta a supervisão dos possíveis riscos à saúde e ao meio ambiente. Por outro lado, a União Europeia possui o Regulamento (CE) nº 1907/2006, que estabelece normas rigorosas para a comercialização e rotulagem de produtos contendo nanomateriais, a fim de proteger a saúde pública e o meio ambiente, enquanto promovem o desenvolvimento sustentável do setor cosmético.

Os impactos econômicos da nanotecnologia são evidentes. Com um crescimento anual de até 13,1% no mercado de nanomateriais, é notável como a nanotecnologia se tornou uma das principais forças motrizes da indústria cosmética global. No Brasil, onde o setor de cosméticos se destaca pelo alto consumo, há uma oportunidade significativa de avanço ao adotar a nanotecnologia para atender à demanda por produtos mais eficientes e inovadores, ao mesmo tempo em que reforça o compromisso com a sustentabilidade e a segurança dos consumidores.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **Nano, um mercado de oportunidades**. ABDI, 2024. Disponível em: <https://www.bing.com/search?q=ano%2C+um+mercado+de+oportunidades.+ABDI.+Dispon>. Acesso em: 23 out. 2024.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **Nanotecnologias: subsídios para a problemática dos riscos e regulação**. ABDI, 2011. Disponível em: http://livroaberto.ibict.br/bitstream/1/624/4/Nanotecnologias_subs%20para%20a%20problem%20a%20dos%20riscos%20e%20regula%20a%20o.pdf. Acesso em: 26 out. 2024.

ANCHIETA, F. **Nanotecnologia: uma breve introdução**. LinkedIn, 2020. Disponível em: <https://pt.linkedin.com/pulse/nanotecnologia-uma-breve-introdu%20a%20o-felipe-anchieta>. Acesso em: 20 out. 2024.

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução da Diretoria Colegiada – RDC nº 07, de 10 de fevereiro de 2015**. Diário Oficial da União, 11 fev. 2015.

ASHAOLU, T. J. Nanoemulsions for health, food, and cosmetics: a review. **Environmental Chemistry Letters**, v. 19, p. 3381-3395, 2021.

ASSIS, B. A. **Nanocosmetotecnologia: principais nanoestruturas e suas aplicações**. Universidade Presbiteriana Mackenzie, 2019. Disponível em: <https://dspace.mackenzie.br>. Acesso em: 20 out. 2024.

AYALA, J. B. **Desenvolvimento de bigéis e nanocápsulas contendo óleo de buriti para uso cosmético**. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: <https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/20521/1/JMAyala.pdf>. Acesso em: 3 nov. 2024.

AZEVEDO, M. M. M. **Nanoesferas e a liberação controlada dos fármacos**. Monografia. Laboratório de Química do Estado Sólido – Instituto de Química – UNICAMP, 2005.

BORTOLI, L. D.; FORNASIER M. O. **A regulação das nanotecnologias aplicada aos cosméticos**. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, 2018.

CANAVEZ, M. J. M. **O uso da nanotecnologia nas empresas: um estudo de caso no setor dos cosméticos**. Universidade Federal do Paraná, 2011. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/xmlui/handle/1884/25794?show=full>. Acesso em: 4 nov. 2024.

CAVALCANTI, Camila de Oliveira. **Nanocosméticos: da manipulação atômica aos desafios regulatórios**. Coimbra, Portugal, 2014. Acesso em: 11 nov. 2024.

DAUDT, Renata M.; EMANUELLI, Juliana; GUERREIRO, Irene C. Kulkamp; POHLMAN, Adriana R.; GUTERRES, Sílvia S. A nanotecnologia como estratégia para o desenvolvimento de cosméticos. **Ciência e Cultura**, v. 65, n. 3, 2013.

DUBEY, S. K. et al. Emerging trends of nanotechnology in advanced cosmetics. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, v. 214, p. 112440, 2022.

DUSCHL, A.; WINDGASSE, G. A survey on the state of nanosafety research in the European Union and the United States. **Journal of Nanoparticle Research**, v. 20, n. 12, 2018.

FARIAS, K. A. et al. O uso de nanotecnologia na formulação de cosméticos. **Revista Saúde Multidisciplinar**, v. 14, n. 1, 2023.

FAZZIO, A. et al. **Benefícios e riscos das nanotecnologias**. Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais, 2019. Disponível em: https://cnpem.br/wp-content/uploads/2019/10/SEPARATA-CNPem-02_Benef%C3%ADcios-e-riscos-das-nanotecnologias.pdf. Acesso em: 21 out. 2024.

FIGUEIREDO, Kayo Alves; MENDES, Rosana Mirian Barros; CARVALHO, André Luiz Menezes; FREITAS, Rivelilson Mendes. Microemulsões como sistemas de liberação de fármacos para a via transdérmica: uma prospecção tecnológica. **Revista Geintec**, v. 3, n. 4, p. 36-46, 2013.

FRIEDRICH, S. Report on statistics and indicators of biotechnology and nanotechnology. **OECD Science, Technology and Industry Working Papers**, v. 6, 2018.

GOMES, R. K. **Cosmetologia: descomplicando os princípios ativos**. 5. ed. São Paulo: RED Publicações, 2017.

GONÇALVES, J. **Nanotecnologia aplicada à pele**. Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, 2014.

GUPTA, V. et al. Nanotechnology in cosmetics and cosmeceuticals – a review of latest advancements. **Gels**, v. 8, n. 3, p. 173, 2022.

GUIVANT, J. S.; NUNES, D. M.; CASSIANO, A. C. **Nanotecnologias e qualidade de vida**. Universidade Federal de Santa Catarina, 2018.

HENZ, T. et al. Nanotecnologias aplicadas a cosméticos e síntese do resveratrol: uma revisão. **Revista CIATEC-UPF**, v. 12, n. 2, p. 29-40, 2020.

KESHARWANI, Prashant; DUBEY, Sunil Kumar. **Nanocosmetics Delivery Approaches, Applications and Regulatory Aspects**. [S.l.]: CRC Press, 2023.

KLAASSEN, C. D. **Casarett & Doull's Toxicology: the Basic Science of Poisons**. 7th ed. New York: McGrawHill, 2008.

KULKAMP, I. C. et al. Estabilização do ácido lipoico via encapsulação em nanocápsulas poliméricas planejadas para aplicação cutânea. **Química Nova**, v. 32, n. 8, p. 2078-2084, 2009.

MARKIEWICZ, M. et al. Changing environments and biomolecule coronas: consequences and challenges for the design of environmentally acceptable engineered nanoparticles. **Green Chemistry**, v. 20, n. 18, p. 4133–4168, 2018.

MATOS, J. S. A. et al. **Nanotecnologia aplicada ao mercado de cosméticos: passado, presente e tendências**. Universidade Federal de Santa Catarina, 2023.

MAYNARD, A. D.; WARHEIT, D. B.; PHILBERT, M. A. The new toxicology of sophisticated materials: Nanotoxicology and beyond. **Toxicological Sciences**, v. 120, n. Supplement 1, p. S109–S129, 2010.

NATIONAL SCIENCE FOUNDATION. **Nanotechnology definition**. 2000. Disponível em: http://www.nsf.gov/crssprgm/nano/reports/omb_nifty50.jsp. Acesso em: 19 out. 2024.

NUNES, D. M. **Beleza nanoestruturada: a carência de debates envolvendo seus riscos e benefícios no contexto brasileiro**. Universidade Federal de Santa Catarina, 2008. Disponível em: <https://iris.ufsc.br/files/2014/11/36359.pdf>. Acesso em: 4 nov. 2024.

OLIVEIRA, C. **Nanocosméticos: da manipulação atômica aos desafios regulatórios**, 2014. Disponível em: <https://estudogeral.sib.uc.pt/bitstream/10316/35137/1/Nanocosmeticos%20da%20manipulacao%20atomica%20aos%20desafios%20regulatorios.pdf>. Acesso em: 3 nov. 2024.

PANDEY, M. et al. Perspectives of Nanoemulsion Strategies in The Improvement of Oral, Parenteral and Transdermal Chemotherapy. **Current Pharmaceutical Biotechnology**, v. 19, n. 4, p. 276–292, 2018.

PIMENTEL, L. F. et al. Nanotecnologia farmacêutica aplicada ao tratamento da malária. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 43, n. 4, 2007.

PIRES, L. **Cosmetologia: história, definição, legislação e mercado**. 2011. Disponível em: <https://www.docsity.com/pt/notas-de-estudo/>. Acesso em: 4 nov. 2024.

PIRES, V. G. A.; MOURA, M. R. **Preparação e novos filmes poliméricos contendo nanoemulsões do óleo de melaleuca, copaíba e limão para aplicação como biomaterial.** Departamento de Física e Química, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 2017.

PL 880/2019. Disponível em: <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/135353>. Acesso em: 21 out. 2024.

RAMOS, Betina Giehl Zanetti. Quebrando paradigmas com a nanotecnologia. **Nanovetores Tecnologia**, v. 27, 2015.

RABELLO, T. **Guia de Produtos Cosméticos.** 11. ed. rev. amp. São Paulo: Editora Senac, 2016. 303 p.

RAJ, S. et al. Nanotechnology in cosmetics: Opportunities and challenges. **Journal of Pharmacy & Bioallied Sciences**, v. 4, n. 3, p. 186, 2012.

SANTOS, P. O.; MIYASHIRO, P. Y.; SILVA, V. A. Nanotecnologia em formulação cosmética. **Revista Eletrônica Beleza**, São Paulo, 2015.

SCHAFFAZICK, S. R. et al. Caracterização e estudo de estabilidade de suspensões de nanocápsulas e de nanoesferas poliméricas contendo diclofenaco. **Acta Farmacêutica Bonaerense**, v. 21, n. 2, p. 99-106, 2002.

SCHMALTZ, C.; SANTOS, J. V.; GUTERRES, S. S. Nanocápsulas como uma tendência promissora na área cosmética: a imensa potencialidade deste pequeno grande recurso. **Infarma – Ciências Farmacêuticas**, v. 16, n. 13/14, p. 80-85, 2013.

SEVERINO, P. et al. Fotoenvelhecimento cutâneo e inovações em filtros solares. **Caderno de Graduação – Ciências Biológicas e da Saúde – UNIT – Sergipe**, v. 5, n. 1, p. 67, 2018.

SONNEVILLE-AUBRUN, Odile; YUKUYAMA, Megumi N.; PIZZINO, A. **Application of Nanoemulsions in Cosmetics**, p. 435-475, 2018.

SOUTO, J. **Nanotecnologia aplicada ao mercado de cosméticos: passado, presente e tendências.** Universidade Federal de Santa Catarina, 2023.

UNIÃO EUROPEIA REACH. **Regulamento (CE) nº 1907/2006**, de 18 de dezembro de 2006, do Parlamento Europeu e do Conselho, relativo ao registro, avaliação, autorização e restrição dos produtos químicos. Considerando Número 1.

UNIÃO EUROPEIA. **Regulamento (CE) nº 655/2013**, de 10 de julho de 2013, que estabelece critérios comuns para justificação das alegações relativas a produtos cosméticos. 2013.

VALSAMI-JONES, E.; LYNCH, I. How safe are nanomaterials? **Science**, v. 350, n. 6259, p. 388-389, 2015.

ZANETTI-RAMOS, B. **Quebrando paradigmas com a nanotecnologia.** 2023. Disponível em: https://www.cosmeticsonline.com.br/ct/painel/class/artigos/uploads/382da-Artigo-Tecnico_-Quebrando-paradigmas-com-a-Nanotecnologia.pdf. Acesso em: 19 out. 2024.

ZUCCO, A.; SOUSA, F. S.; ROMEIRO, M. C. Cosméticos naturais: uma opção de inovação sustentável nas empresas. **Brazilian Journal of Business**, v. 2, n. 3, p. 2684-2701, 2020.