



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO
CURSO BACHARELADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA /CMA

CARLOS EDUARDO DE LIMA SOUSA

**A OBTENÇÃO E APLICAÇÃO DE DIFERENTES TIPOS DE NANOPARTÍCULAS:
UMA REVISÃO.**

ANGICOS

2021

CARLOS EDUARDO DE LIMA SOUSA

**A OBTENÇÃO E APLICAÇÃO DE DIFERENTES TIPOS DE NANOPARTÍCULAS:
UMA REVISÃO.**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Orientador(a): Prof^a. Dr^a. Lidianne Alves de Moraes.

Co-orientador(a): Prof^a. Dr^a. Taisa Cristine de Moura Dantas.

ANGICOS

2021

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

S725o Sousa, Carlos Eduardo de Lima.

A obtenção e aplicação de diferentes tipos de nanopartículas: uma revisão. / Carlos Eduardo de Lima Sousa. - 2021.

52 f.: il.

Orientador: Lidianne Alves de Moraes.
Coorientador: Taisa Cristine de Moura Dantas.
Monografia (graduação) - Universidade Federal

Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e Tecnologia, 2021.

1. Nanomateriais. 2. Nanopartículas. 3. Sol-gel. 4. Salting-out. 5. Mecanossíntese.. I. Moraes, Lidianne Alves de, orient. II. Dantas, Taisa Cristine de Moura, co-orient. III. Título.

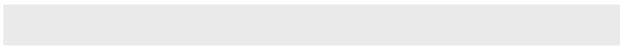
CARLOS EDUARDO DE LIMA SOUSA

**A OBTENÇÃO E APLICAÇÃO DE DIFERENTES TIPOS DE NANOPARTÍCULAS:
UMA REVISÃO.**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Defendida em: 01 / 06 / 2021.

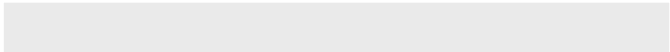
BANCA EXAMINADORA



Prof^a. Dr^a. Lidiane Alves de Moraes (UFERSA)
Presidente



Prof^a. Dr^a. Taisa Cristine de Moura Dantas (UFERSA)
Co- presidente



Prof(a). Dr(a). Elisângela Lopes Galvão (UFERSA)
Membro Examinador



Prof(a). Dr(a). Patrícia Mendonça Pimentel (UFERSA)
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que fez com que meus objetivos fossem alcançados, mediante todos os meus anos de estudo, com persistência, fé e muita dedicação.

Agradeço aos amigos e familiares, pelo apoio ao longo de todo esse período no qual me dediquei a este trabalho. Obrigado pela amizade incondicional.

Agradeço à minha orientadora Prof^a. Dr^a. Lidianne Alves de Moraes e a minha coorientadora Prof^a. Dr^a. Taisa Cristine de Moura Dantas, pela paciência, disposição e dedicação durante todo o caminho do desenvolvimento dessa pesquisa.

Agradeço à Banca Examinadora pela disponibilidade do tempo para a avaliação deste trabalho.

Por fim, a todos aqueles que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho.

“Toda conquista começa com a decisão de tentar”

-Gail Devers

RESUMO

Nas últimas décadas a investigação aplicando materiais nanoestruturados tem atraído muitas pesquisas, principalmente pelas suas aplicações tecnológicas. Nesse contexto, o referido trabalho buscou realizar um levantamento bibliográfico sobre os materiais com estruturas de dimensões nanométricas. Dentro das classes dos nanomateriais, temos os nanotubos, as nanofibras e as nanopartículas. O foco principal foi pesquisar sobre os aspectos físicos e químicos de diferentes tipos de materiais que apresentam partículas ultrafinas (nanopartículas), suas rotas de síntese, como também algumas aplicações. Esses nanomateriais podem apresentar diferentes composições como nanoestruturas formadas por componentes inorgânicos (que abrange desde nanopartículas provenientes de metais até, por exemplo, nanopartículas de óxidos cerâmicos), como também nanoestruturas de composições formadas por componentes orgânicos (polímeros naturais, sintéticos e semissintéticos). Para a obtenção de cada tipo desses nanomateriais pode haver a utilização de diferentes tipos de sínteses. Com isso, este trabalho buscou descrever apenas algumas das rotas encontradas na literatura, como: a síntese sol-gel, de co-precipitação, mecanossíntese, técnicas que utilizam a eletroquímica e eletrodeposição, como também o processo de emulsificação-difusão, método salting-out e emulsificação-evaporação. Em relação às aplicações, existem diferentes tipos de produtos nos quais esses materiais estão sendo usados, desde produtos mais simples como roupas, embalagens, cosméticos, entre outros, como também produtos mais complexos, como biossensores, placas fotovoltaicas e condutores elétricos. Diante do exposto, o presente trabalho traz uma abordagem das aplicações e de alguns processos de síntese comumente usados para a obtenção de estruturas nanoparticuladas.

Palavra-Chave: Nanomateriais. Nanopartículas. Sol-gel. Salting-out. Mecanossíntese.

ABSTRACT

In recent decades, research applying unstructured materials has attracted a lot of research, mainly due to their technological applications. In this context, this work sought to carry out a bibliographical survey on materials with nanometric structures. Within the classes of nanomaterials, we have nanotubes, nanofibers and nanoparticles. The main focus was to research the physical and chemical aspects of different types of materials that have ultrafine particles (nanoparticles), their synthesis routes, as well as some applications. These nanomaterials can have different compositions, such as nanostructures formed by inorganic components (ranging from metal nanoparticles to, for example, ceramic oxide nanoparticles), as well as nanostructures of compositions formed by integrated components (natural, synthetic and semi-synthetic polymers). To obtain each type of these nanomaterials, different types of syntheses can be used. Thus, this work sought to describe just some of the routes found in the literature, such as: sol-gel synthesis, co-exclusion, mechanosynthesizers, techniques that use electrochemistry and electrodeposition, as well as the emulsification-diffusion process, salting method. out and emulsification-evaporation. Regarding applications, there are several types of products in which these materials are being used, from simpler products such as clothing, packaging, cosmetics, among others, to more complex products such as biosensors, photovoltaic plates and electrical conductors. Given the above, this work presents an application approach and some common processes used to generate nanoparticulate structures.

Keywords: Nanomaterials. Nanoparticles. Sol-gel. Salting-out. Mechanosynthesis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Técnicas Top-down e Bottom-up.	15
Figura 2 - Microscopia eletrônica de transmissão de nanopartículas de base inorgânica.	17
Figura 3- Representação de uma nanopartícula magnética com base no modelo Core/Shell. .	19
Figura 4 - Representação das nanopartículas de base orgânica.	20
Figura 5- Diferença estrutural entre os dois subtipos de nanopartículas lipídicas, a SLN (Nanopartículas Lipídicas Sólidas) e NLC (Carreador Lipídico Nanoestruturado).	21
Figura 6 – Etapas do Processo Sol-Gel.	23
Figura 7- Ilustração do método de co-precipitação.	25
Figura 8 - Etapas do processo de obtenção do NPs de LaNiO_3	27
Figura 9 - Esquema de uma célula eletroquímica utilizando uma fonte externa.	28
Figura 10- Representação esquemática da técnica Emulsificação-Difusão	29
Figura 11 - Representação esquemática da técnica de emulsificação-evaporação da fase 1 adição da solução orgânica com solução aquosa até a fase 2 eliminações do solvente.	31

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Bel	Bacharel
Caltech	Instituto de Tecnologia da Califórnia
CLN	Carreador Lipídico Nanoestruturado
Dr	Doutor
E	Campo Eletrostático
Ed	Eletrodo de Referência
et al	et alii ou e colaboradores
FDA	Food and Drug Administration
IES	Intituição de Ensino Superior
ISO/TS	International Organization for Standardization/ Technical Specification
IUPAC	International Union of Pure and Applied Chemistry
hr	Horas
H	Altura
L	Lagura
Me	Mestre
Min	Minutos
NLS	Nanopartículas Lipídicas Sólidas
NLC	Nanostructured Lipid Carriers
NPMs	Nanopartículas Magnéticas
NPs	Nanopartículas
nm	Nanômetro
O/A	Óleo Água
pH	Potencial Hidrogeniônico
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PG&C	Perspectivas em Gestão & Conhecimento
rpm	Rotação por Minuto
SLN	Solid Lipid Nanoparticles
UV	Radiação ultravioleta

LISTA DE SÍMBOLOS

Γ	Gama
$^{\circ}\text{C}$	Grau Celsius
%	Porcentagem

Sumário

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	14
2.1 Objetivos Gerais	14
2.2 Objetivos Específicos	14
3 REVISÃO DA LITERATURA	15
3.1 Nanomateriais	15
3.1.1 Nanopartículas de Estrutura Inorgânica	17
3.1.2 Nanopartículas de Estrutura Orgânicas/Poliméricas	20
3.2 Obtenção de nanopartículas	22
3.2.1- Rotas de obtenção de nanopartículas com estruturas inorgânicas	22
3.2.1.1- O Processo Sol-Gel	22
3.2.1.2- Processo de co-precipitação	24
3.2.1.3- Processo de mecanossíntese	26
3.2.1.3- Processo Eletroquímico e Eletrodeposição	27
3.2.2- Rota de obtenção de Nanopartículas Orgânicas / Poliméricas	29
3.2.2.1- Processo de Emulsificação-Difusão e Método Salting- out	29
3.2.2.1- Processo de Emulsificação-Evaporação	31
4- APLICAÇÕES	32
4.1- Tecidos	32
4.2- Embalagens	33
4.3- Cosméticos	34
4.4 Placas fotovoltaicas	35
4.5- Biossensores	36
5- CONSIDERAÇÕES FINAIS	38
REFERÊNCIAS	39

1- INTRODUÇÃO

As novas tecnologias estão sempre no foco de muitas pesquisas. Dentre elas, a nanotecnologia vem ganhando destaque nas últimas décadas. Trata-se de uma ciência que estuda estruturas de materiais e o tamanho das partículas, em que ao menos uma de suas dimensões se encontra em escala nanométrica (nm) (BUSQUETS; MBUNDI, 2017). De acordo com a norma ISO/TS 27687:2008 os nano-objetos são definidos como materiais de uma, duas ou três dimensões, que apresentam tamanho de partículas de 1 a 100 nm (nanômetros) aproximadamente. Esse valor, em termos comparativos, mostra que 1 nm contém cerca de 10 átomos (1 átomo= 0,1 a 0,4 nm) (COLETI; ALMEIDA, 2010; SAVOLAINEN et al., 2010). Trazendo para escalas conhecidas, a espessura típica de um fio de cabelo humano é de 10.000 nm, ou seja, cem a dez mil vezes maiores que uma nanoestrutura.

No ano de 1974, o pesquisador e cientista Norio Taniguchi da Universidade Científica de Tóquio fez a primeira definição do termo nanotecnologia, onde o mesmo definia como sendo a descrição de objetos e estruturas minúsculas em escala nanométrica, de sistemas ou fenômenos devido a características decorrentes do seu tamanho reduzido (BUZEA et al., 2007; DREXLER, 2007; CAVALCANTI, 2014; BRANDÃO et al., 2011).

Pesquisas utilizando esses materiais já conseguiram obter diferentes tipos de nanoestruturas que podem ser divididos em 3 categorias: nanotubos, nanofibras e nanopartículas. Acredita-se que o “salto” para a investigação de nanopartículas (em um aspecto nanotecnológico) se deu com uma palestra realizada pelo o físico americano Richard Feynman (1918-1988) para a Sociedade Americana de Física no Instituto Californiano de Tecnologia (Caltech) em 1959. O pesquisador trouxe nanopartículas como uma possibilidade de manipular os átomos da forma mais conveniente ou adequada em relação às necessidades tecnológicas e sociais (TOMA, 2004).

Quando estamos falando de materiais em nanoescala, algumas propriedades que comumente estamos acostumados a ver para materiais sólidos de escala maiores como: difusão, solubilidade, calor específico, entropia, expansão térmica, absorção óptica e infravermelha, propriedades magnéticas, elétricas, mecânicas e entre outras, podem ser modificadas devido ao seu tamanho (GLEITER, 1989). Podemos dizer que as nanopartículas podem ter propriedades físicas e químicas particulares (ALTAVILLA, CILIBERTO, 2011).

Segundo a resolução do Parlamento Europeu 2009 sobre aspectos regulamentares em relação a certos tipos de utilidades, algumas propriedades desejadas para certos materiais podem ser alcançadas quando estes são encontrados em escala nano, tais propriedades são: autodifusão, solubilização, toxicidade, forma, distribuição de tamanhos, estado de agregação/aglomeração, área superficial, reatividade, carga superficial e estabilidade (PARLAMENTO EUROPEU, 2009). Os materiais com partículas ultrafinas (nanopartículas) estão sendo muito utilizadas nas indústrias, destacando a tecnologia de produtos eletrônicos e químicos, como também na medicina.

Outro ponto importante que merece destaque são as diferentes rotas de obtenção, já que tem sido observado que, de acordo com a aplicação, as rotas de síntese podem ser um fator crucial, fornecendo diferentes propriedades às estruturas. Nessa perspectiva, observa-se uma procura cada vez maior pela utilização desses materiais nanoparticulados em diferentes áreas dos setores industriais (BORSCHIVER et al., 2005). O presente trabalho realizou um levantamento bibliográfico sobre materiais nanoparticulados, apresentando alguns meios de síntese e abordando aplicações dentro de alguns setores da indústria.

2 - OBJETIVOS

2.1 - Objetivos Gerais

Realizar um levantamento bibliográfico sobre as nanopartículas, diferentes rotas de obtenção e aplicações em diferentes setores da indústria.

2.2 - Objetivos Específicos

- Realizar pesquisas bibliográficas sobre as nanopartículas;
- Estudar os diferentes tipos de nanopartículas, como também as técnicas de obtenção consolidadas na literatura;
- Buscar os diferentes materiais obtidos e como os mesmos podem ser aplicados nas indústrias químicas e de materiais.

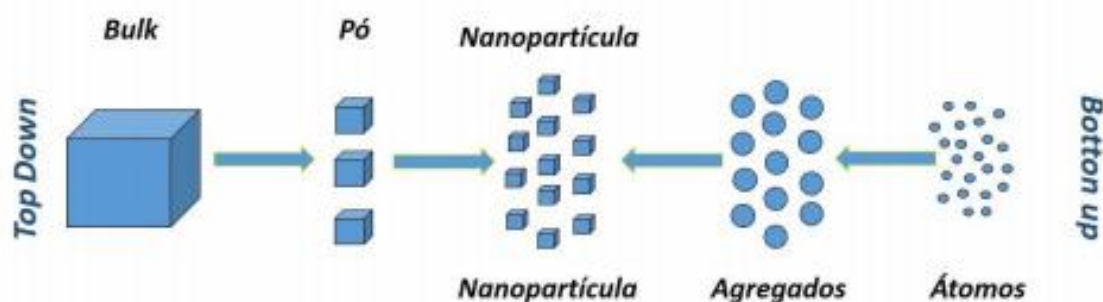
3 - REVISÃO DA LITERATURA

Através do levantamento bibliográfico realizado, foi possível encontrar uma variedade de nanomateriais com ênfase em partículas ultrafinas (nanopartículas), onde foram selecionados alguns tipos para o presente estudo. Serão abordadas nanopartículas provenientes de componentes inorgânicos, como também nanoestruturas formadas por componentes orgânicos, bem como as diferentes rotas de síntese.

3.1 - Nanomateriais

Em anos recentes alguns trabalhos referentes à nanotecnologia ganharam destaque. O desenvolvimento de materiais extremamente fortes e ultra-resistentes, como por exemplo as nanopartículas, os nanotubos e as nanofibras, os quais possuem estruturas de alta densidade, surgem como materiais com aplicabilidade diversa (GUO; WANG, 2007; ZHAO et al 2003). As técnicas utilizadas na formação de nanomateriais podem ser divididas em duas categorias: bottom-up e top-down, e podem ser ilustrados na Figura 1.

Figura 1 - Técnicas Top-down e Bottom-up.



Fonte: (PEREIRA 2014).

A primeira técnica, a *Top-down*, é um método físico e ocorre com um tratamento manipulado do material em escala macro para a escala nano, onde pode ser realizadas por técnicas físicas como cortar, moer e moldar, os materiais resultantes são bastante usados por muitas indústrias de semicondutores. Já o método químico *Bottom-Up* se dá através da montagem de estruturas átomo a átomo ou molécula a molécula até a formação de materiais

nanoestruturados. A técnica de *Bottom-Up* é a mais utilizada por ser considerada simples e eficaz, podendo haver maior controle durante o processo de formação. Os métodos descritos ocorrem através de reações químicas, utilizando precursores moleculares ou atômicos e assim obtendo as nanopartículas desejadas. Durante a síntese, para obtenção de nanopartículas, deve haver um planejamento cuidadoso quando diz respeito a parâmetros como estrutura atômica, composição, tamanho e, por vezes, levar em consideração a distribuição da composição específica desses nanomateriais (CONCEIÇÃO FILHO, 2017). As possíveis formas estruturais podem ser esféricas, elipsoidais, piramidais, cúbicas, entre outros (FILHO, 2011).

São descritas algumas características inerentes aos materiais nanoparticulados sendo essas o ponto de fusão, molhabilidade, brilho, maleabilidade, ductibilidade, resistência mecânica, superparamagnetismo, variação (baixa/alta) da condutividade elétrica e térmica. Os materiais nanoestruturados podem mudar suas propriedades de acordo com suas dimensões, ou seja, algumas características podem ser mudadas a depender do tamanho que as partículas podem se apresentar (ZARBIN, 2007; MAMANI, 2009; AEGERTER, 2001; JEEVANANDAM et al., 2018).

Em relação a interesses ambientais as referidas nanoestruturas são empregadas como catalisadores e fotocatalisadores, onde muitos são utilizados para a degradação de corantes, pesticidas, medicamentos e hormônios que estão presentes em águas. No setor energético são utilizados para emissão de luz, capacitores cerâmicos, lentes ópticas, elementos estruturais resistentes a calor e abrasão.

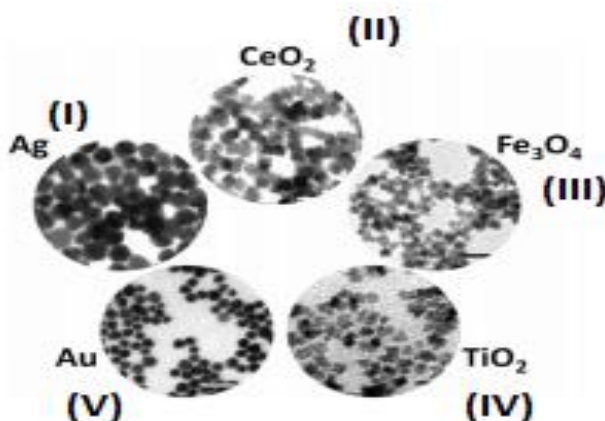
Na indústria cosmética, as nanopartículas podem ser usadas na formulação de protetores solares, cremes para rosto e pele, na forma de nanocápsulas de vitamina E pura, etc. (NEVES, 2008). Também pode estar presente na indústria alimentícia, fazendo parte da formulação de embalagens de alta qualidade e resistência, para uma maior conservação dos alimentos. Na indústria têxtil, pode ser encontrada em tecidos que regulam a temperatura corporal e tem propriedades antimicrobianas (para controlar os microrganismos causadores de odores) (DAVIS, SONG, 2006). Esses materiais são bastante utilizados em biossensores eletroquímicos para aumentar a transdução do sinal eletroquímico devido às suas propriedades condutoras. Os nanomateriais podem ser usados em placas fotovoltaicas para a geração de energia, em biorremediação, entre outras funcionalidades (KUMAR; YADAV, 2009; THIRUMURUGAN E DHANARAJU, 2011; INGALE, 2013).

3.1.1 Nanopartículas de Estrutura Inorgânica

As nanopartículas de base inorgânica são partículas provenientes de compostos inorgânicos como metais e cerâmicas. Se tratando das nanopartículas cerâmicas, algumas são comumente estudadas como as de óxido de ferro (Fe_3O_4), óxido de cério (CeO_2) e dióxido de titânio (TiO_2), quanto às nanopartículas metálicas, entre as mais estudadas estão as de prata (Ag NPs) e as de ouro (Au NPs). Esses nanomateriais são bastante usados em função de suas características físico-químicas, que vão desde a variação morfológica, área de superfície, seu tamanho (em escala nano), caráter anfipático (solúvel em meio aquoso) e uma boa biocompatibilidade (ROMA et al., 2020; DULÍŃSKA et al, 2019; CHANG et al., 2018). As nanopartículas de sílica (SiNPs) também são consideradas promissoras. São também chamadas de nanopartículas mesoporosas de sílica, devido a porosidade interna de sua estrutura, com diâmetros entre 2 e 50 nm, estando em conformidade com materiais mesoporosos cerâmicos, como denominado pela IUPAC (MAMAEVA et al., 2013; NIGRO et al., 2018).

A Figura 2 apresenta algumas das nanopartículas com proveniente de componentes inorgânicos. Aqui são mostradas Microscopias Eletrônicas de Transmissão (MET) com diferentes estruturas que vão desde nanopartículas cerâmicas, até materiais metálicos como as (I)- NPs de Prata, (II) NPs de Óxido de cério, (III) NPs de Óxido de ferro, (IV) NPs de Dióxido de titânio e (V) NPs Ouro.

Figura 2 - Microscopia eletrônica de transmissão de nanopartículas de base inorgânica.



Fonte: (SÁNCHEZ et al., 2011).

É importante destacar que o diâmetro e a forma das nanopartículas podem variar dependendo do tipo de rota de síntese empregado, do tempo de envelhecimento das soluções e dos tratamentos térmicos que podem ser utilizados. Trabalhos reportam diferentes tipos de materiais como a Ferrita de Cobalto (CoFe_2O) com tamanhos de partículas com diâmetro pequenos de aproximadamente 8 nm, o Peróxido de Nióbio (Nb_2O_5) e Carbonato de cálcio (CaCO_3) onde essas nanoestruturas possuem tamanhos que vão desde 10 nm até 80 nm (NETO, 2019; SILVEIRA, 2016; BESSLER; RODRIGUES, 2008; AEGERTER, 2001, POVEDA, 2015). As características físicas e químicas dessas estruturas inorgânicas se dão devido à inércia, estabilidade térmica e mecânica, como também suas propriedades ópticas. Um ponto importante é que esses materiais podem ser combinados com outros, sendo suportadas e combinadas com estruturas que apresentem maiores áreas superficiais, tamanho de poros e diferentes dimensões (one, di e tridimensionais), como também formar diferentes tipos de compósitos (SOARES FILHO et al 2018, CARVALHO et al., 2021).

Além disso, existe uma classe de nanomateriais oriundos de componentes inorgânicos que podem apresentar comportamento magnético, surgindo como materiais promissores para diversos tipos de aplicações dentro da ciência e tecnologia. As linhas de pesquisa sobre esse tema são bem recentes. Esses materiais quando em partículas nano, apresentam propriedades magnéticas (NPM's) que podem ser definidas como uma classe de nanopartículas que apresentam um núcleo magnético, permitindo o uso manipulado através de um campo magnético. Esses materiais nanoestruturados, de um modo geral, apresentam grande enfoque devido suas características magnéticas, mecânicas e térmicas. Seus efeitos quânticos também se tornam uma propriedade interessante, sendo proporcionados devido à redução de seu tamanho de acordo com a razão do contato da área de superfície/volume. Por esse motivo, elas podem apresentar um alto potencial para usos de descontaminação ambiental, processos em catálise, coloração de imagens, fluidos magnéticos, tintas magnéticas e ressonâncias magnéticas que usa agentes de contraste para as imagens (JUNIOR, 2011).

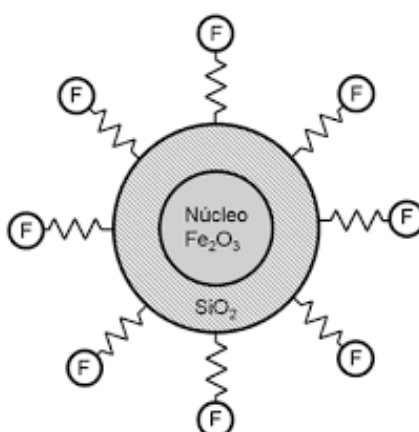
Além disso, as NP magnéticas pode ser obtidas utilizando diferentes tipos de componentes como as ferritas, o ferro em sua forma pura, manganês, zinco, cobalto, sendo as mais comumente usadas as compostas por óxidos de ferro magnetita (Fe_3O_4) e maguemita ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$). Os estudos trouxeram uma variação e redução do tamanho desses materiais para uma escala nanométrica, onde as partículas podem se encontrar em tamanhos entre 10 e 20 nm. Quando se trata de nanopartículas de ferro essas exibem propriedades superparamagnéticas, comportando-se como uma estrutura paramagnética que responde instantaneamente a um

campo magnético com magnetismo residual e coercividade quase nulas (GUPTA; GUPTA, 2005; LU et al., 2007).

Para as nanopartículas de níquel (Ni), elas por sua vez têm sido mais buscadas quando se trata de aplicações em mídias magnéticas para gravação, catalisadores em processos em série de reações químicas, devido as suas características catalíticas e superparamagnéticas (CARREÑO et al., 2002; CHINNASAMY et al., 2005). O cobalto também pode ser utilizado na obtenção dessas nanoestruturas, pois esse elemento possui uma alta suscetibilidade magnética (estimulação magnética) (PUNTES et al 2002), diferentes valores de coercividade e magnetização de saturação como efeito relacionado a sua redução de escala em tamanho (CULLITY, 2009). Uma das formas encontradas para o cobalto é combinado com o ferro na forma do espinélio ferrita de cobalto, sendo aplicadas nas mais diversas áreas.

Eskandari e Hasanzadeh (2021) realizaram um trabalho onde utilizaram uma nanopartícula de magnetita como núcleo e revestiram com óxido de silício através do método core-shell (Figura 3). Após esse processo, funcionalizaram o material resultante para serem utilizados como carreadores de fármacos. Aqui o método de obtenção foi de grande importância, pois controlou o tamanho, a morfologia e as propriedades da superfície, havendo uma conservação das propriedades e evitou o risco de perder a qualidade do material em questão (ESKANDARI, HASANZADEH 2021).

Figura 3- Representação de uma nanopartícula magnética com base no modelo Core/Shell.



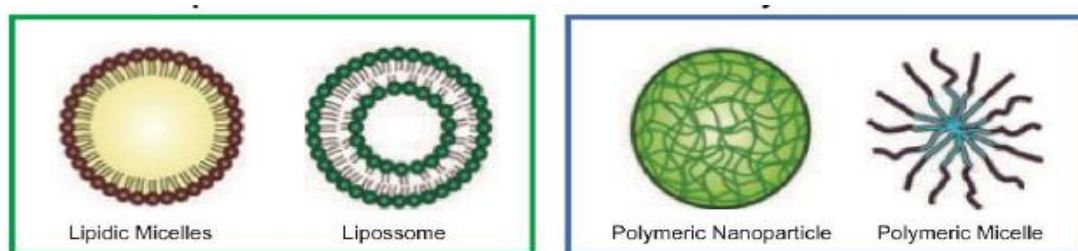
Fonte: (FRANCISQUINI; SCHOENMAKER; SOUZA, 2017).

As pesquisas mostram a utilização de materiais nanoparticulados magnéticos nas áreas tecnológicas como sensores de detecção (JAUHAR et al., 2016; VASUKI et al., 2017; BAGADE et al., 2017), nas áreas biomédicas, em dispositivos de absorção de micro-ondas (LI et al., 2017; ZHANG et al., 2017; DEY et al. 2017), tratamentos em águas residuais na absorção de corantes têxteis (NASSAR et al. 2017; MEHRABI et al., 2017) entre outras aplicações.

3.1.2 Nanopartículas de Estrutura Orgânicas/Poliméricas

As nanopartículas orgânicas são materiais onde os componentes das estruturas são compostos orgânicos. Focaremos os estudos em dois tipos, as nanopartículas poliméricas e lipídicas. Em se tratando das nanopartículas poliméricas essas são compostas por uma matriz polimérica (ZAZO et al., 2016), possuindo um sistema coloidal que pode ser formado por polímeros naturais (como alginato, albumina, quitosano, dextrano, heparina e hialuronato), sintéticos (como poliésteres, policarbonatos, poliamidas e polipeptídeos) ou semissintéticos (LOMBARDO et al., 2019). A Figura 4 mostra as estruturas de nanopartículas orgânicas.

Figura 4 - Representação das nanopartículas de obtidas através de componentes orgânica.



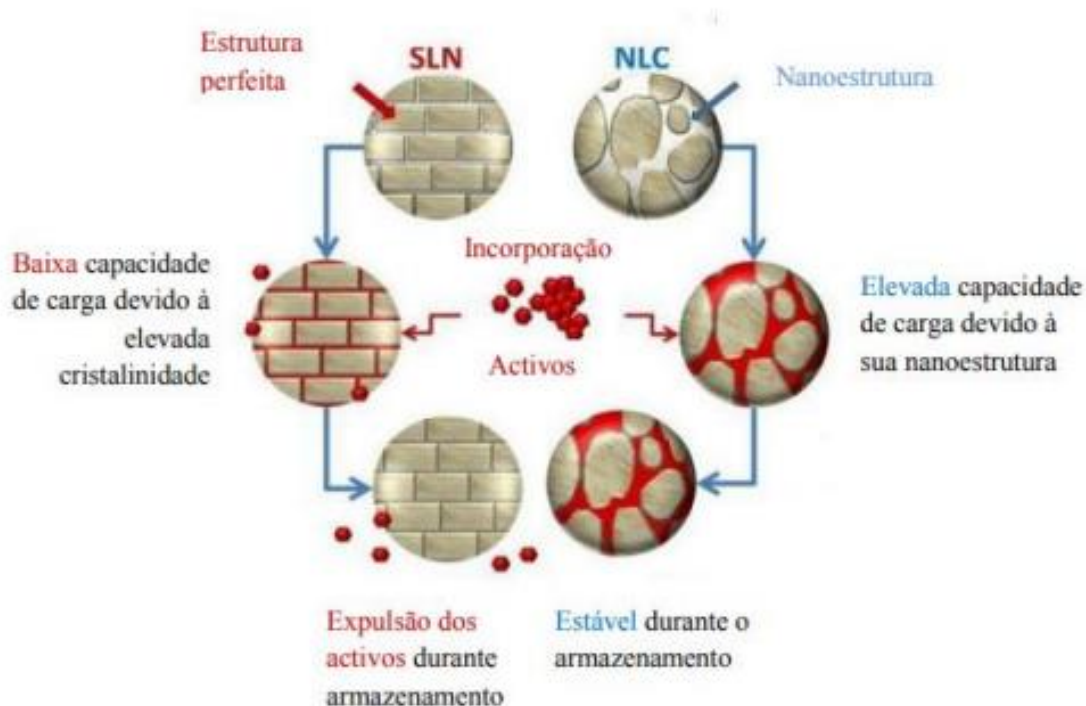
Fonte: (JIA et al., (2013), SAGNELLA et al., (2014), WICKI et al., (2015)).

Há também tipos de nanopartículas que apresentam estruturas biodegradáveis, como, por exemplo, as nanocápsulas e nanoesferas, sendo que essas se diferem na forma como são organizadas. As nanocápsulas consistem de um sistema de reserva onde se localiza o núcleo líquido diferenciado (água ou óleo), sendo encapsulado por materiais poliméricos. Há possibilidade de a substância ativa estar inclusa dentro do núcleo e/ou adsorvida na parede polimérica. Já as nanoesferas são constituídas por matrizes poliméricas que não apresenta

núcleo diferenciado. Ou seja, as substâncias ativas nelas são frequentemente encontradas no interior (sendo liberada por difusão) ou adsorvidas na sua grande área de superfície da nanoesfera, seguida por uma liberação controlada (RIZVI; SALEH, 2018; SCHAFFAZICK et al., 2003; GUTERRES, 2007, STEICHEN et al., 2003).

As nanopartículas lipídicas assemelham-se bastante às poliméricas. A formação das estruturas lipídicas consiste basicamente de um núcleo, formado por lipídios sólidos (0.1-30 %) à temperatura ambiente e não por fase oleosa líquida como é visto em sistemas formados por emulsões (MÜLLER et al, 2000). Os principais lipídios utilizados são triglicerídeos, glicídios parciais, ácidos graxos, esteróis e ceras. Os emulsificadores e polímeros são lecitinas, sais biliares, copolímeros do polióxidoetileno e polióxidopropileno (MEHNET; MADER, 2001), para que assim possa impossibilitar a associação das partículas e estabilizá-las. São segregadas em dois subtipos (Figura 5) quanto à era na qual foram conceituadas (MÜLLER et al., 2000): 1ª Era: Solid Lipid Nanoparticles (SLN): Nanopartículas Lipídicas Sólidas (NLS). 2ª Era: Nanostructured Lipid Carriers (NLC)/ Carreador Lipídico Nanoestruturado (CLN).

Figura 5- Diferença estrutural entre os dois subtipos de nanopartículas lipídicas, a SLN (Nanopartículas Lipídicas Sólidas) e NLC (Carreador Lipídico Nanoestruturado).



Fonte: (SANTOS, 2012).

As diferenças estruturais encontradas entre esses dois subtipos de nanoestruturas são referentes aos tipos de estruturas que cada um apresenta, pois no SLN os materiais nanoparticulados possui uma cristalinidade elevada o que impede a incorporação de ativos de interesse, e o pouco que é absorvido é muito instável. Já a NLC são materiais com maior porosidade, assim, permitem uma absorção maior de ativos, possibilitando assim maior uma estabilidade.

3.2- Obtenção de nanopartículas

Nesse tópico serão descritas algumas das formas de obtenção das nanopartículas que já estão consolidadas na literatura. O intuito principal em utilizar diferentes técnicas de síntese se dá no intento de poder haver um controle maior sobre as propriedades físicas e químicas, assim como nas futuras aplicações dessas nanoestruturas.

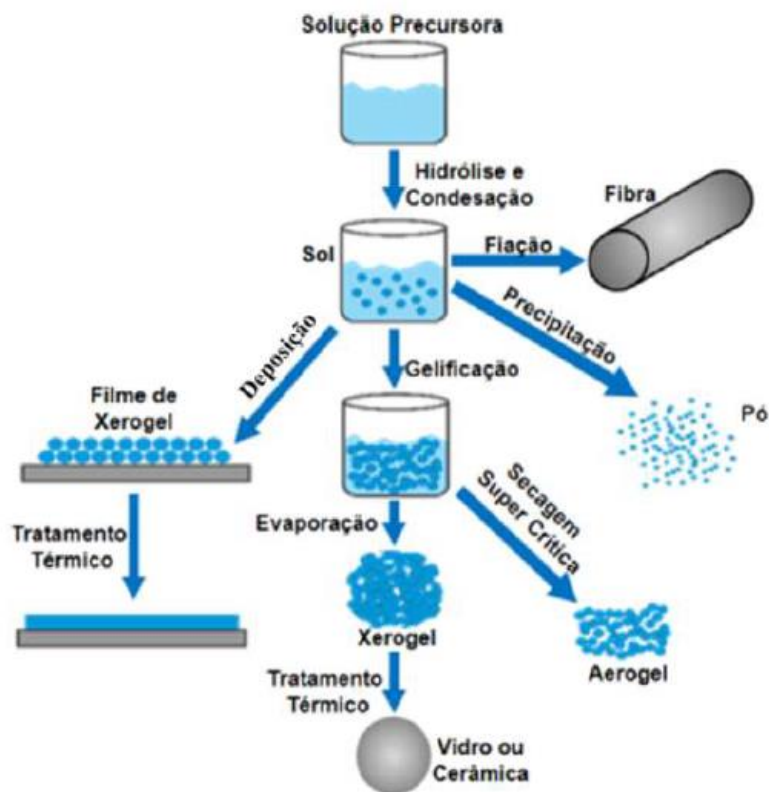
3.2.1- Rotas de obtenção de nanopartículas com estruturas inorgânicas

3.2.1.1- O Processo Sol-Gel

O método de síntese de materiais via técnica sol-gel é amplamente descrito na literatura como uma forma relativamente simples de obter materiais vítreos e cerâmicos em geral, como também na síntese de nanomateriais (ALVES et al, 2020; BETANCOURT-PARRA et al, 2019; COLLINSON e HOWELLS, 2000).

O processo é iniciado quando acontece a hidrólise de um alcóxido metálico formando uma suspensão coloidal estável de partículas sólidas (escala de aproximadamente 1 – 100 nm) dispersas em meio líquido, denominada de fase sol (*“solids on liquids”*), então a solução perde sua estabilidade e é formado uma estrutura gelatinosa imersa em um solvente, que é chamada de gel. Por sua vez o gel se liga a uma estrutura tridimensional de partículas coloidais ou cadeias poliméricas, induzindo os solventes a um estado transigente de um sólido ou líquido. Esse solvente possui uma característica muito pouco solúvel, onde ocorre uma precipitação rápida, sob agitação (SAKKA, 2005). A Figura 6 ilustra as diferentes sínteses para a obtenção de tipos de estruturas.

Figura 3 – Etapas do Processo Sol-Gel.



Fonte: (SCARPA, 2018).

Os fatores físicos e químicos que se tornam importantes quando se utiliza esse método seriam o tamanho de partícula, a elevada área superficial e propriedades mecânicas, pois é possível obter materiais muito particulados, favorecendo as propriedades citadas. Esses aspectos podem variar dependendo da temperatura de trabalho, condições de operação, dos precursores utilizados, do pH do meio e do tempo de envelhecimento do gel de síntese (PEDROZA, 2007; MAMANI, 2009).

Almeida e colaboradores (2008) sintetizaram nanopartículas de manganato de níquel (NiMn_2O_4) através do processo sol-gel. O processo consistiu em misturar o $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (Cloreto de Manganês) e $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (Cloreto de níquel) dissolvidos em água destilada, onde foi formado a fase gel. Após o processo de tratamento térmico, o resultado foi a obtenção de um material nanoestruturado com tamanhos de partículas que variaram entre 14 nm a 44 nm. O manganato de níquel é um composto que apresenta uma resistência elétrica reduzida em temperatura elevadas, o que torna possível seu uso em termistores e dispositivos de proteção de materiais com auto aquecimento (SCHMIDT, BASU; BRINKMAN, 2004; GYÖRGYFALVA et al., 2001).

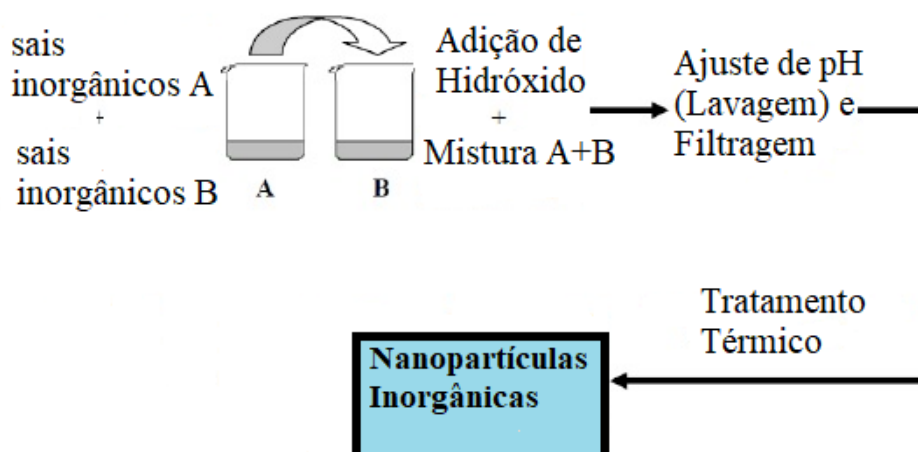
No trabalho realizado por Castro e Paris (2017) foram sintetizadas nanopartículas de Óxido de Zinco (ZnO). Esses materiais são não tóxicos, de baixo custo, com propriedades elétricas, magnéticas, podendo ser utilizados como sensores gasosos, catalisadores e adsorventes em tratamentos de águas residuais, em processo industriais, como também são excelentes fungicidas. Durante a síntese descrita no trabalho, foi utilizado o acetato de zinco dihidratado $[\text{Zn} (\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]$ como precursor do zinco, como também solventes inorgânicos e água destilada. Depois de realizados os ajustes de pH, são formados os géis de síntese, onde os mesmos foram lavados, centrifugados e calcinados sendo formadas as nanopartículas de ZnO com diâmetros em torno de 20 a 55 nm. O resultado final do produto é análogo com os dos materiais comumente comercializados. (LIN; XING, 2008; CASTRO; PARIS, 2017; GIRALDI, 2012; GUNALAN; SIVARAJ; RAJENDRAN, 2012; SHAMSUZZAMAN et al., 2013).

3.2.1.2- Processo de co-precipitação

O método de co-precipitação é baseado em misturar cátions e ânions em proporções que excedam o produto de solubilidade (COSTA, 2013), sintetizando materiais com uma excelente condutividade elétrica e boa cristalinidade em baixa temperatura (CHEN et al 2014). Este método é utilizado principalmente para as nanopartículas inorgânicas e consiste em misturas de sais inorgânicos em meio aquoso ou não, seguido de precipitação com hidróxido (BLASKOV 1996). Quando o ânion é misturado à solução, a solubilidade dos sais do processo é alterada, como também o pH da solução, ou seja, nessa etapa se inicia o processo de precipitação, predominando a fase de nucleação e formando uma quantidade significativa de pequenas partículas produzidas (COSTA, 2013).

As principais vantagens na utilização desse processo de síntese seriam a boa reatividade, homogeneidade química, temperatura de reação e sintetização baixas, controle do tamanho e forma das partículas, redução no tempo de síntese, baixo custo do processo e uma maior facilidade de ampliação, como mostra a Figura 7 (JANASI 2002; MAMANI, 2009).

Figura 7- Ilustração do método de co-precipitação.



Fonte: (Elaboração própria).

Algumas pesquisas reportam a síntese de nanopartículas de óxido de zinco, utilizando o método de co-precipitação (PEDREIRA; CHILITI; PARIS, 2017). O procedimento utiliza precursores como o nitrato de zinco hexahidratado ($\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$) e hidróxido de sódio em água deionizada. Após a co-precipitação das nanopartículas de ZnO , a solução foi centrifugada para haver a separação do material da fase sobrenadante. O ZnO é seco a temperaturas brandas (50°C), onde o resultado foi NPs com tamanhos na faixa de 30-50 nm. (DANTAS et al., 2019). As nanopartículas de óxido de zinco (ZnO) adquiridas utilizando o processo de co-precipitação tem como característica a capacidade de absorção da radiação ultravioleta e fotoestabilidade elevada, podendo ser aplicadas na fabricação de protetores solares e cosméticos (JAVED et al., 2016).

Schäfer (2017), durante a realização de seu trabalho, empregou a técnica de co-precipitação para sintetizar nanopartículas de óxido de ferro. A metodologia aplicada consistiu em dissolver os reagentes $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (Sulfato ferroso hidratado) e FeCl_3 (Cloreto de ferro), em água destilada sob aquecimento a 80°C e agitação. À mistura foi adicionada uma solução de NaOH (Hidróxido de sódio) alcançando um pH igual a 12. Sob essas condições, após um intervalo de 15 minutos, acontece a precipitação do sólido com uma coloração preta (ALVES, 2007). Depois de resfriada a solução, o precipitado é separado do sobrenadante através de centrifugação e seco, obtendo-se as nanopartículas de óxidos de ferro com diâmetro entre 19 nm e 49 nm. Por ser um material magnético pode apresentar uma alta capacidade de adsorção, caráter magnético e baixo custo em sua aplicação, e por isso, são muito utilizados como adsorventes para a remoção de corante no tratamento de águas residuais (SCHÄFER, 2017; MELO, 2016).

3.2.1.3- Processo de mecanossíntese

A mecanossíntese tem por objetivo a formação de ligas metálicas e cerâmicas avançadas a partir de precursor em forma de pó dos constituintes elementares, em condições térmicas a frio e pelo o fato dos processos de fraturação, aglomeração e forjamento, com elevadas taxas de deformação elástica e plástica (escala macroscópica), difusão (escala microscópica) e geração de defeitos, se desenvolve em estado sólido sob condições especiais de pressão advindas dos processos de colisão. Essa técnica consiste em um recipiente/vaso que possa ser fechado, e no seu interior consiga inserir esferas de aço e um precursor em pó (pesado em uma balança analítica, de acordo com concentrações pré-estabelecidas).

Em seguida deve ser adicionado um lubrificante (ex.: Etanol) até que todo o material seja coberto (esfera e o pó), e em sequência acrescentado o surfactante (ex.: Ácido oléico) em proporções de 3% relacionadas ao peso do pó seco. O contato e a vigorosa vibração permitirão uma intensa energia cinética transferida para o precursor ocorrendo modificações em sua estrutura. Apesar de ser obtido um material metaestável no final da produção, não é simples de controlar o tamanho e as nanopartículas magnéticas que se encontrarão dispersas (DIANDRA et al 1996).

Diante disso, é importante levar em consideração alguns pontos, como: o tempo de moagem (para evitar a contaminação do material resultante, se for estendido o tempo de rotação), a quantidade de esferas, a velocidade de rotação, razão mássica (pó/esferas), ambiente da reação e a composição das esferas e do vaso (PAESANO et al 2005). As vantagens desse procedimento estão relacionadas à simplicidade da metodologia (com poucas etapas) e também às questões ambientais, devido a não produção ou produção mínima de resíduos gerados durante a síntese. (SCHUBERT; HUSING 2012).

Ribeiro (2019) sintetizou perovskita do tipo LaNiO_3 , utilizando óxidos La_2O_3 (Óxido de Lantânio) e o Ni_2O_3 (Trióxido de diniquel). As perovskitas podem se enquadrar como materiais bem promissores, já que suas características como propriedades óticas, magnéticas e elétricas influenciam em diversas áreas de aplicação ambiental, como adsorventes de corantes em meio aquoso. No processo de obtenção levou-se certa quantidade dos dois óxidos para o vaso de moagem, junto com as esferas. Então, o sistema vaso/esferas/pó passou por um processo de rotação a 4 rpm durante um intervalo de 6 horas. Com o fim dessa etapa, a amostra foi retirada e dividida em duas partes, uma parte foi armazenada e a outra foi submetida ao processo de calcinação na temperatura de 900 °C por 2 horas. O tamanho médio dos cristalitos finais foi de 4 nm. O processo está ilustrado na Figura 8 (RIBEIRO, 2019).

Figura 8 - Etapas do processo de obtenção do NPs de LaNiO_3 .



Fonte: (RIBEIRO, 2019).

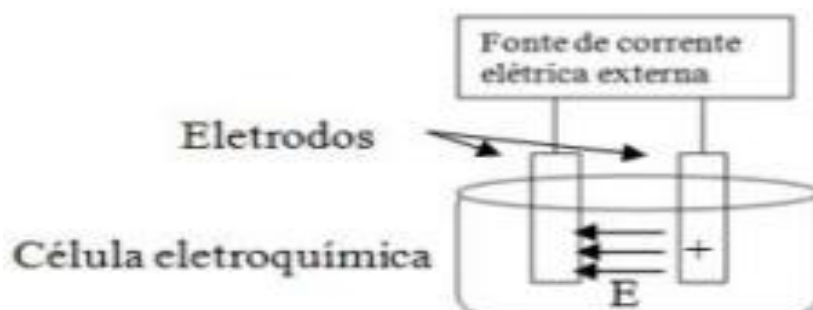
3.2.1.3- Processo Eletroquímico e Eletrodeposição

Essa técnica é utilizada com o intuito de melhorar as propriedades superficiais dos materiais, como dureza, resistência à corrosão, comportamentos antidesgastes da superfície microestruturada, armazenamento de dados e material magnético. O método é bastante utilizado na preparação de fios de materiais magnéticos, por ser uma técnica rápida e econômica para a fabricação desses materiais em escala nanométrica (ALIZADEH, SAFAEI, 2018; ABDULWAHAB, FAYOMI & POPOOLA, 2016). Este método se baseia nas reações de oxi-redução, por meio da conversão da energia elétrica em química. A síntese se dá através de reações eletroquímicas por impulsos elétricos externos, fazendo a transferência de cargas elétricas através da interface eletrodo/eletrolito (MUNFORD, 2002).

O método possui uma fonte externa, que carrega os eletrodos com cargas opostas (positiva e negativa), o que faz a formação de campo eletrostático (E), no qual influencia no sentido de movimento dos íons no eletrólito (sais iônicos do metal) que irão ser depositados (PASA, 2006). Os componentes inorgânicos mais utilizados estão desde os sais mais simples até os de maior valor agregado, como o cobre, cromo, estanho, níquel, zinco, metais nobres (ouro, prata, ródio, platina, etc.) e ligas metálicas (SILVA; AFONSO; SOBRAL, 2008; MACEDO, 2006). Os eletrodos são inseridos no sistema estando conectados a uma fonte externa de corrente. Os materiais nanoparticulados contendo os íons presentes na solução eletrolítica serão depositados no eletrodo de polo positivo (ânodo). Em subsequência é ativado

um potencial entre ambos os eletrodos, de modo que seja possível haver um fluxo de corrente (AZEVEDO, 2011). O processo se encontra ilustrado na Figura 9.

Figura 9 - Esquema de uma célula eletroquímica utilizando uma fonte externa.



Fonte: (PASA, MUNFORD, 2006; SOUZA, 2010).

Munford (2002), em seus estudos se dedicou a empregar o método de eletrodeposição potencioestática de cobalto e ouro sobre lâminas de silício monocristalino em distintos pHs. As soluções de sulfato de cobalto (CoSO_4), dicianoaurato de potássio ($\text{KAu}(\text{CN})_2$) e com ou sem presença de aditivos, como ácido bórico (H_3BO_3) e sulfato de sódio (NaSO_4) foram preparadas com diferentes molaridades. O procedimento para a eletrodeposição dos filmes de cobalto e ouro é realizado em diferentes etapas. Após a montagem da célula eletroquímica, são aplicados potenciais constantes nessa célula (E_d , medido em relação ao Eletrodo de Referência) onde ocorreu a redução eletroquímica dos íons metálicos empregados no Eletrodo de Trabalho (lâminas de silício monocristalino), sendo registradas a corrente que fluiu sobre ele em função do tempo. A quantidade de metal eletrodepositado é proporcional à integração da carga depositada. As nanopartículas obtidas apresentaram tamanhos variados desde aglomerados tipicamente hemisféricos de Co/Si (111) com dimensões aproximadas 60 nm e 120 nm, depositados aleatoriamente sobre o substrato, como também pequenas quantidades de aglomerados na ordem de grandeza entre altura de 8nm e largura de 20nm (MUNFORD, 2002).

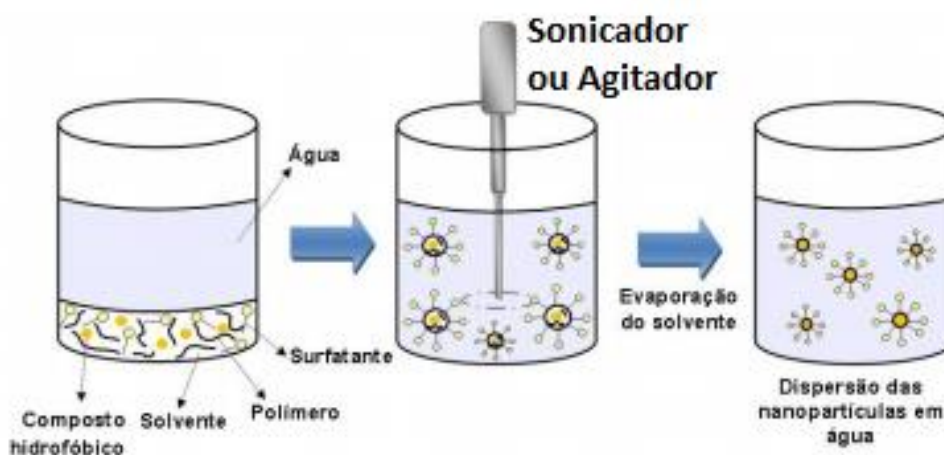
3.2.2- Rota de obtenção de Nanopartículas Orgânicas / Poliméricas

3.2.2.1- Processo de Emulsificação-Difusão e Método Salting- out

O processo de Emulsificação-Difusão permite a preparação de partículas com tamanhos de dimensões compreendidas entre 80 e 900 nm (EBRAHIMNEJAD et al., 2009), baseia-se na formação de uma emulsão convencional Óleo/Água (O/A) entre um solvente parcialmente miscível em água contendo o polímero e uma solução aquosa contendo um surfactante (CRUCHO; BARROS, 2017). Nesse sistema o polímero é dissolvido no solvente saturado, formando-se uma fase orgânica na qual é disperso ou dissolvido o composto hidrofóbico de interesse. A emulsificação ocorre quando a fase orgânica é dissolvida em uma solução aquosa que contém o surfactante sob intensa agitação. Para a etapa de difusão do solvente orgânico na fase externa é necessário adicionar água ao sistema. Por fim, o solvente é eliminado ou através da evaporação ou podem ser filtrados, obtendo assim as partículas com dimensões manométricas (PINTO REIS et al., 2006; FERNANDES, 2016).

A Figura 10 descreve como são formadas as nanopartículas poliméricas pelo processo de Emulsificação-Difusão. O processo descrito consistiu da emulsificação no ponto ao qual já houve a adição e a precipitação da solução aquosa, em seguida essa mistura foi agitada ou sonicada até a fase da evaporação e eliminação do solvente.

Figura 10- Representação esquemática da técnica Emulsificação-Difusão



Fonte: (LAZARIN, 2013).

Em se tratando do método de *salting-out* esse se baseia na separação de um solvente hidromiscível, de uma solução aquosa, através de um efeito de *salting-out*. As características físico-químicas dos materiais obtidas através desse método podem ser afetadas por um conjunto de parâmetros, que incluem desde a solubilidade do princípio ativo, a natureza do solvente orgânico, a natureza do agente de *salting-out* e a concentração do tensoativo. Um fator muito importante está relacionado à escolha do agente de *salting-out*, já que esse pode afetar a incorporação dos componentes hidrofóbicos. Por exemplo, quando se utiliza a acetona como solvente orgânico os agentes de *salting-out* empregados são o $MgCl_2$, NaCl ou $Mg(CH_3COO)_2$, dependendo do pH do meio reacional (SOUTO; SEVERINO; SANTANA, 2012; PINTO REIS et al., 2006).

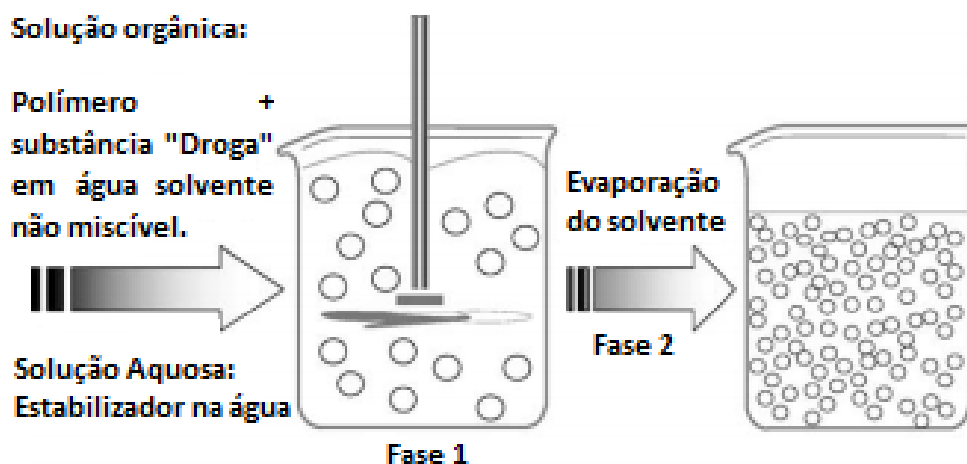
Rossan em 2011 no seu trabalho preparou e caracterizou materiais de lipídios sólidos com diferentes tamanhos de partículas utilizando a técnica de Emulsificação-Difusão para aplicação em cosméticos (TROTТА et al., 2003; QUINTANAR-GUERRERO et al., 2005). A metodologia empregada seguiu a utilização de um solvente com características hidrofílicas e hidrofóbicas onde se preparou uma solução com água e solventes orgânicos (álcool benzílico e tetrahydrofurano). Então o lipídio foi dissolvido na solução saturada, gerando uma fase orgânica. Na sequência, a fase formada é emulsificada através de uma agitação vigorosa, formando uma emulsão Óleo/Água. Após essa etapa foi adicionada água no sistema dando início a precipitação da fase lipídica. O solvente então foi eliminado, obtendo assim nanopartículas com tamanhos de aproximadamente 100 nm (SOUTO, MÜLLER, 2005; ROSSAN, 2011).

Essas técnicas apresentam grandes vantagens para a produção de fármacos, pois apresentam uma alta eficiência, não tem necessidade de homogeneização, alta reprodutibilidade, baixo custo, notável biocompatibilidade, excelente capacidade de liberação controlada de compostos ativos aprisionados, como também a capacidade de proteger as espécies encapsuladas da degradação, podendo ser utilizada em escalas industriais. (KHAN et al, 2006; FORMARIZ, 2005). Porém, alguns pontos ainda tornam os processos com certas limitações, como o volume significativo de água que é eliminado da suspensão, a grande capacidade de degradação pela oxidação da instabilidade da emulsão e o vazamento da droga solúvel que é solúvel em água, reduzindo assim a eficiência do processo (PINTO REIS et al., 2006; FORMARIZ, 2005).

3.2.2.1- Processo de Emulsificação-Evaporação

A técnica de Emulsificação-Evaporação consiste em duas etapas. Na primeira, a solução de polímero é emulsificada ou dispersa em uma fase aquosa, na qual são adicionadas gotas de tamanhos nanométricos (nanogotículas) de polímeros em uma solução orgânica apolar. Usa-se um agente dispersor para uma alta homogeneização. A segunda etapa utiliza um solvente de polímero que é evaporado, induzindo a precipitação do polímero como nanoesferas. Para a obtenção de nanocápsulas essa rota também pode ser aplicada, sendo possível fazer a dissolução do ativo lipofílico num óleo, que deve ser adicionado ao solvente orgânico (SOUTO, SEVERINO; SANTANA, 2012). Alguns pontos importantes devem ser levados em consideração, como o agente emulsificador que pode ser óleo/água ou água/óleo/água (dupla emulsificação- evaporação). Em relação à dispersão de fármacos aplicando esses sistemas, a droga é dispersa na matriz polimérica, logo após o solvente ser evaporado (Figura 11) (RAO; GECKELER, 2011). Todavia, a referida técnica só pode ser empregada utilizando fármacos com características lipossolúveis, ou seja, que conseguem se dissolver em gorduras ou óleos (WANG et al., 2010; RAO; GECKELER, 2011).

Figura 11 - Representação esquemática da técnica de emulsificação- evaporação da fase 1 adição da solução orgânica com solução aquosa até a fase 2 eliminações do solvente.



Fonte: (PINTO REIS et al., 2006).

O trabalho desenvolvido por Marques em 2010 consistiu na obtenção de nanopartículas lipídicas para liberação controlada de fármacos. O procedimento utilizado dissolveu o material lipofílico (que possui afinidade com gordura/lípidios) em solvente orgânico (ciclohexano, tolueno, clorofórmio), onde foi posteriormente emulsificado em uma

solução aquosa. Para eliminação do solvente foi empregado o processo de evaporação sob pressão reduzida. Por fim, as nanopartículas obtidas pós-precipitação exibiram diâmetro médio de 25 nm, podendo haver uma variação nas faixas de tamanho (30 – 100 nm) de acordo com o agente tensoativo utilizado no procedimento de síntese (NAIR et al., 2011; MARQUES., 2010).

4 - APLICAÇÕES

A seguir foram descritas algumas aplicações dos nanomateriais e como essa tecnologia pode propiciar benefícios para nosso cotidiano.

4.1 - Tecidos

Algumas inovações tecnológicas vêm incrementando ainda mais as indústrias têxteis, principalmente no que diz respeito à utilização de fibras nanoestruturadas na construção, planejamento e variedades dos tipos de tecidos que são fabricados (CALDEIRA et al., 2015; OMETTO, 2016). As nanopartículas podem ser aplicadas desde o início do processo de fabricação, participando da estrutura química das fibras, até suas finalizações (SÁNCHEZ, 2006).

Atualmente existem tecidos que utilizam diretamente essa tecnologia e onde as nanopartículas podem ser aplicadas com as seguintes finalidades: capacidade antibactericida, onde podem liberar certos tipos de aromas, no intuito de reduzir os odores desagradáveis; para a liberação de cremes de pele, no intuito de serem antibactericidas; nas mudanças de coloração dos tecidos, de acordo com o grau de variação da temperatura (corpórea ou ambiental); como um repelente de sujeiras e vetores (como mosquitos e/ou insetos); proteções em relação à insolação e radiação UV. Podem apresentar ação hidrofóbica, ou seja, não absorvem água e, conseqüentemente, são tecidos antimanchas, outra função que se torna bastante importante e interessante será a maior capacidade de resistência contra chamas causando efeito retardante (FERREIRA et al., 2014, PERERA et al., 2013). Com isso, as pesquisas na área da nanotecnologia vêm trazer impactos positivos na indústria têxtil, principalmente com relação às melhorias trazidas para nosso cotidiano (FERREIRA et al., 2014, SÁNCHEZ, 2006).

4.2 – Embalagens

As nanopartículas estão inseridas em diferentes áreas da ciência e tecnologia, como aplicações no desenvolvimento de diferentes tipos de embalagens, estando diretamente relacionada a uma maior conservação dos alimentos. Segundo a FDA (Food and Drug Administration), há inúmeros produtos regulamentados por eles que possuem nanomateriais em sua estrutura, isso em decorrência das suas características únicas, o que tem valorizado cada vez mais o emprego desses materiais (FDA, 2013). As pesquisas envolvendo embalagens que utilizam nanopartículas estão relacionados a dois aspectos importantes nesse ramo. O primeiro está relacionado às questões ambientais e o segundo a estabilidade e durabilidade dos alimentos.

A modificação das estruturas desses materiais utilizando as nanopartículas trazem melhores características físico-químicas, uma maior biodegradabilidade e diminuição nas propriedades hidrofílicas (afinidade de uma substância com a água), ou seja, consiste em um processo que ocorre a modificação física ou química, causada pela ação de microrganismos, sob certas condições de calor, umidade, luz, oxigênio e nutrientes orgânicos e minerais adequados. Traz também uma redução no acúmulo de materiais descartados na natureza, já que tem a possibilidade se degrada mais rápido no meio ambiente (ZHOU et al., 2011; FRANCHETTI; MARCONATO, 2006).

A quitosana é um dos polímeros naturais mais utilizados na nanotecnologia (MALERBA; CERANA, 2019). Nas etapas produtivas, desde a obtenção do produto até a sua embalagem, é de grande importância o uso de nanoestruturas biopoliméricas. Como exemplo, a mais utilizada é a quitosana, um polímero natural. A mesma tem esse enfoque por apresentar um perfil renovável e por possuir propriedades físico-químicas e biológicas bem aplicáveis. Possui alta capacidade de adsorção, de quelação e de formação de filmes, além de apresentar atividade antioxidante, antimicrobiana, antitumoral, biodegradabilidade, biocompatibilidade e baixa toxicidade, sendo classificado como um material seguro segundo a FDA dos Estados Unidos. (KUMAR et al., 2019; MALERBA; CERANA, 2019). Diante de todos estes aspectos, as embalagens que utilizam essa tecnologia têm ganhado espaço no mercado diante das embalagens convencionais (MALERBA; CERANA, 2019).

A qualidade dessas embalagens no que diz respeito à conservação dos alimentos tem como pontos importantes: uma maior barreira de entrada de gases e umidade em contato com os alimentos, melhor estabilidade térmica e maior absorção de radiação UV (CHAU et al.,

2007; ALMEIDA et al., 2015). Ademais, essas estruturas são inertes, ou seja, não correr o risco de acontecer migração de seus compostos químicos para os alimentos, assim preservando a integridade biológica dos mesmos, diminuindo sua toxicidade, e consequentemente não causando danos à saúde do consumidor (LATOS-BROZIO, MAZEK, 2020).

4.3 – Cosméticos

Um dos mercados que se encontra cada vez mais em ascensão é o mercado de cosméticos. Isso traz a necessidade de mais pesquisas e inovação dentro dessa área. Os nanocosméticos podem vir como uma linha promissora dentro das novas perspectivas na indústria química, agregando as funcionalidades das nanopartículas às composições químicas já conhecidas. A fabricação de nanocosméticos já está inserida globalmente em muitas indústrias de cosméticos convencionais, firmando uma construção de produtos em linhas exclusivas e únicas. Atualmente estão voltadas às linhas de higiene pessoal, cosméticos e perfumaria, um setor específico das indústrias químicas (FRONZA et al, 2007).

Dentro da área dos cosméticos, a nanotecnologia já é bastante utilizada no desenvolvimento de cremes (cremes anti-rugas, cremes anticelulites), pois como a pele é o maior órgão do corpo humano são necessários cuidados especiais, não só por questões estéticas, mas também por ter função extremamente importante nas diversas atividades de defesa e na regulação do organismo (HORITA et al., 2017; ZHU et al., 2017). Os produtos convencionais não apresentam eficiência e capacidade tão altas para suprir algumas necessidades que são requeridas pela pele. Isso porque esses produtos têm uma limitação em atingir camadas mais internas da própria pele (FRONZA et al, 2007). No intuito de melhorar esses aspectos, se incorporou a nanotecnologia na formulação química desses produtos.

Um dos nanomateriais muito usados nessa área são as nanopartículas lipídicas sólidas (NLS), em que os lipídios normalmente encontrados são os triglicerídeos, glicídios parciais, ácidos graxos, esteróis e ceras. Pode ser destacada como uma vantagem na utilização dessas nanoestruturas a maior estabilidade físico-química, que retardará a degradação de componentes pouco estáveis. Como exemplo de materiais que pode ser liberados através da utilização das NLS tem o retinol, já que é comumente empregado como princípio ativo de alguns cremes para a pele, e o controle mais gradativo na sua liberação é de grande interesse para a indústria e o mercado (MÜLLER et al, 2000). As NLS também podem ser encontradas

em xampus, condicionadores, cremes dentais, clareadores de pele, hidratantes, pós-faciais, loções pós-barba, desodorantes, sabonetes, foto-protetores, perfumes, esmaltes e maquiagens em geral (FRONZA et al, 2007).

4.4 - Placas fotovoltaicas

No setor de energias renováveis, as nanopartículas tem um papel crucial quando se trata do desenvolvimento de placas fotovoltaicas, já que essas usam os princípios fotossintéticos para a obtenção de compostos com alto conteúdo energético, sendo considerado um dos pilares para a evolução e melhoramento da química desses materiais na captação de energia solar (TOMA, 2016).

As células solares possuem três gerações, sendo que as de maior interesse são as que se encontram dentro da terceira geração. Essas têm como meta alcançar os melhores níveis possíveis de eficiência, unindo princípios usados nas células de primeira e segunda geração. Em uma subdivisão acerca da terceira geração, podemos encontrar as tecnologias de células solares orgânicas, células solares sensibilizadas por pontos quânticos (QDSSC), células tandem/multijunção, células de portadores quentes, células solares sensibilizadas por corantes e tecnologias de upconversion (SOBRINHO, 2016).

As células solares orgânicas têm como estrutura dois eletrodos em que um necessariamente deve ser transparente e o outro um material reflexivo metálico, formada por uma camada fina composta de moléculas orgânicas ou polímeros, como por exemplo, nanopartículas poliméricas, onde a fase nanoestruturada da mistura é de suma importância na formação da corrente fotogerada. Nesse processo pode ocorrer a possibilidade de uma mistura dessas camadas ou mesmo a formação de múltiplas camadas, sendo isoladas nos materiais condutores entre dois eletrodos. Os materiais frequentemente usados como cátodo ou no anodo são o óxido de índio, estanho e o fulereno, esse que tem sido alvo de aplicação devido a sua boa eficiência (SOBRINHO, 2016; SAKER NETO 2014).

A célula solar sensibilizada por corantes é um aparelho fotovoltaico que apresenta em sua estrutura um fotoeletrodo, um contra-eletrodo e uma solução eletrolítica (um material mesoporoso de nanopartículas de um material semi-condutor, geralmente usado o TiO_2). Assim como nas células orgânicas, a montagem deste aparelho é similar, tendo como substituição a camada fina de moléculas orgânicas, por camadas formadas por corantes, onde

esse faz a formação do eletrodo ativo responsável pela segregação das cargas (GUIMARÃES, 2016; COUTINHO, 2014).

As células solares sensibilizadas por pontos quânticos (QDSSC) onde essas são constituídas de partículas nanocristalinas que apresentam diâmetro variando de 1 e 10 nm, em que a mesma não passa de alguns nanômetros de diâmetro, o que pode corresponder a, aproximadamente, entre 100 e 1000 átomos por nanopartícula. Apresentam melhores características quanto a geração de múltiplas excitações, estabilidade e possibilidade de controle da energia de banda proibida. Essas propriedades dão a esses materiais maior capacidade de absorção da energia solar utilizando todo o espectro de luz (desde o visível ao infravermelho) (KOUHNAVARD, 2014, VITORETI et al, 2017).

Para essas células é possível usar pontos quânticos com as seguintes composições: CdS, CdSe, PbS, ZnSe, CdHgTe, CdTe, InP e Ag₂S. Dentre elas, as mais empregadas são as CdSe e CdS, pois suas sínteses e caracterizações são as mais fáceis (SOBRINHO, 2016). A utilização desses pontos quânticos nas células solares se dá para melhorias no desempenho como a alta eficiência, durabilidade do seu rendimento, alta transmitância óptica, quimicamente estável e melhor como transportadores de elétrons. Sendo pontos importantes para atuar como receptores da entrada de luz em células solares (YU et al., 2012; FALCÃO, 2005; ALVES, 2011).

O amplo campo de aplicações para essas células fotovoltaicas utilizando energia solar são: geradores de eletricidade, secagem de materiais, aquecimento de casas e edifícios, cozimento de alimentos, água aquecida para as indústrias, apartamentos e prédios comerciais (GANGOPADHYAY, JANA, DAS, 2013; KIM et al., 2014). Por utilizarem energia limpa e inesgotável, as células solares estão sendo cada vez mais incorporadas às residências, indústrias e espaços comerciais, não só por ser uma fonte de energia com pouco impacto ambiental, como também pelo considerável custo/benefício (KELLY, GIBSON, 2011; MEKHILEF, SAIDUR, SAFARI, 2011).

4.5- Biossensores

Os biossensores se enquadram em uma espécie química e biológica que estão sendo bastante utilizados nas áreas da indústria e diferentes áreas da saúde. Os nanobiossensores se encontram dentro de uma sub-categoria na evolução tecnológica que consiste em um dispositivo em escala nano, onde o aparelho analítico agrega um elemento identificado de

caráter biológico sendo conectado e fixado a um transdutor conveniente (KIRSCH et al 2013). O elemento biológico pode ser desde enzimas, micro-organismos, um anticorpo, oligonucleotídeos ou qualquer tipo de biomolécula, que possa ter a capacidade de reconhecer, detectar e interagir de maneira controlada com o analito presente na concentração da amostra em análise (D’ORAZIO, 2003, KAUFFMANN, 2003).

Por sua vez, o transdutor que pode ser uma fibra óptica, eletrodo ou quartzo oscilante, tem função importante na parte do recolhimento da informação biológica e sua conversão para o sinal mensurável, sendo esse demonstrado em um sinal de corrente elétrica, diferença de potencial, térmicos, ópticos e entre outras formas. (KIRSCH et al., 2013; CAMPÀS, CARPENTIER, ROUILLON, 2008; KAUFFMANN, 2003; BRANDÃO, 2011). As aplicações dos nanobiossensores se encontram em variados ramos que vão desde a medicina, áreas agrícolas, indústrias farmacêuticas, diagnósticos clínicos (doenças provocadas por vírus e bactérias), na indústria alimentícia (detecção de patógenos em bebidas lácteas, percentagem de contaminação microbiana, concentração de nutrientes e corantes), substâncias químicas para os sistemas de defesa e segurança e no monitoramento do meio ambiente (fenóis, pesticidas, e metais pesados) (BALLERSTADT et al, 2006; KAPPEL et al, 2007; SECRETARIA DA EDUCAÇÃO, 2018; VÄLIMAA et al, 2010; MARAGOS; BUSMAN, 2010).

5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho foi realizado através de um levantamento bibliográfico sobre os materiais com dimensões de partículas nanométricas. As propriedades encontradas para esses materiais podem ser os efeitos de confinamentos quânticos, coloração, ponto de fusão, molhabilidade, brilho, maleabilidade, ductibilidade, resistência mecânica, superparamagnetismo, condutividade elétrica (baixa/alta), térmica, atividade catalítica, absorção, emissão de luz, capacitores cerâmicos, lentes ópticas e elementos estruturais resistentes.

No conjunto de artigos e publicações encontrado na literatura foi possível analisar e constatar algumas informações, como as variações nas características das nanopartículas, sendo essas caracterizadas de acordo com os reagentes empregados em sua síntese. Dentre elas estão as nanopartículas com estruturas inorgânicas, que são materiais obtidos com tamanhos nanométricos. Os nanomateriais com estruturas orgânicas, que possuem compostos orgânicos na sua composição, podendo ser subdivididas em: poliméricas (possuindo um sistema coloidal que pode ser formado por polímeros naturais, sintéticos ou semissintéticos) ou lipídicas (a estrutura lipídica é composta por um núcleo formado por: Nanopartículas Lipídicas Sólidas (SLN) e Carreador Lipídico Nanoestruturado (NLC)).

Também foram abordadas algumas rotas de sínteses normalmente utilizadas para a obtenção dos nanomateriais. Uma vez que existem diversas rotas de síntese, o critério de escolha foi à simplicidade das técnicas assim como o menor custo. Referente aos nanomateriais inorgânicos, foram abordados o processo Sol-Gel, processo de co-precipitação, mecanossíntese e processo eletroquímico e eletrodeposição. Para as nanopartículas com estruturas de componentes orgânicos/poliméricos, as rotas de obtenção abordadas foram o processo de emulsificação-difusão, método *salting-out* (que separação de um solvente hidromiscível de uma solução aquosa através de um efeito de *salting-out*) e o processo de emulsificação-evaporação. Por fim, também foram apresentadas algumas aplicações, com destaque para uso em tecidos, embalagens, cosméticos, placas fotovoltaicas e biossensores.

REFERÊNCIAS

- ABDULWAHAB, M.; FAYOMI, O. S. I.; POPOOLA, A. P. I. Structural evolution, thermo-mechanical recrystallization and electrochemical corrosion properties of Ni-Cu-Mg amorphous coating on mild steel fabricated by dual-anode electrolytic processing, **Science Direct. Appl. Surf. Sci.** 375 (2016) 162–168.
- AEGERTER, M. A. Sol-gel niobium pentoxide: A promising material for electrochromic coatings, batteries, nanocrystalline solar cells and catalysis. **Solar Energy Materials and Solar Cells**, v. 68, p. 401–422, 2001.
- ALIZADEH, M. SAFAEI, H. Characterization of Ni-Cu matrix, Al₂O₃ reinforced nanocomposite coatings prepared by electrodeposition, **Science Direct. Appl. Surf. Sci.** 456 (2018) 195–203.
- ALMEIDA, A. C. S., FRANCO, E. A. N., PEIXOTO, F. M., PESSANHA, K. L. F., & MELO, N. R. Aplicação de nanotecnologia em embalagens de alimentos. **Polímeros**, 2015; 25, 89-97.
- ALMEIDA, J. M. A.; MENESES, C. T.; MENEZES, A. S.; JARDIM, R. F.; SASAKI, J. M. Synthesis and characterization of NiMn₂O₄ nanoparticles using gelatin as organic precursor. **Journal of Magnetism and Magnetic Materials**, v. 320, p. 304–307, 2008.
- ALTAVILLA, C.; CILIBERTO, E. **Inorganic nanoparticles: synthesis, applications and perspectives—an overview**. CRC Press, Boca Raton, 2011.
- ALVES, J. P. C. **Estudos fotofísicos e fotovoltaicos de sistemas polímero-fulereno e nanopartículas de CdSe**. Mestrado em Química – Universidade Estadual de Campinas/ Instituto de Química. Campinas – SP. 27 set. 2011.
- ALVES, M. G. E; SANTOS, S. F., Revisitando o tema pigmentos cerâmicos com ênfase na cor amarela e aspectos ambientais, **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 10, p. 74649-74663, 2020.
- ALVES, T. M. M. T. **Síntese e Caracterização de Nanopartículas de Óxido de ferro para Aplicações biomédicas**. 2007. Dissertação (Mestrado em Física). p. 99 – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/278299/1/Alves_TatianaMidoriMartinsTelles_M.pdf>. Acesso em: 17 março 2021.
- AZEVEDO, J. C. **Preparation and Characterization of Photoanodes of Hematite Nanostructures for Solar Water Splitting Applications**, PhD thesis, Universidade do Porto, 2011. Acesso em: 27 abril 2021.
- BAGADE, A. A. et al.; Assessment of structural, morphological, magnetic and gas sensing properties of CoFe₂O₄ thin films. **Journal of Colloid and Interface Science**, 497, 181 (2017).

BALLERSTADT, R.; EVANS, C.; MCNICHOLS, R.; GOWDA, A. Concanavalin A for in vivo glucose sensing: A biotoxicity review. **Biosensors and Bioelectronics**. v. 22, n.2, p. 275-284, 2006.

BESSLER, K. E.; RODRIGUES, L. C. Os polimorfos de carbonato de cálcio: uma síntese fácil de aragonita. **Quím. Nova**, São Paulo, v. 31, n. 1, p. 178-180, 2008.

BETANCOURT-PARRA, S.; DOMÍNGUEZ-ORTIZ, M. A.; MOSQUERA-PALACIO, D. M.; HERRERA-GUERRA, J.; RÍOS-RENDÓN, C. M.; VILLA, C. E., Deposición de capas funcionales sobre esmaltes cerámicos mediante la técnica sol-gel (revisión), Ingenius, n. 21, p. 9-20, 2019.

BRANDÃO, H. M. Nanotecnologia: a próxima revolução na agropecuária. **Revista CRMV**, Brasília, v.17, n. 53, p 61-67, 2011.

BORSCHIVER, S.; GUIMARÃES, M.J.O.C.; DOS SANTOS, T.N.; DA SILVA, F.C.; BRUM, P.R.C. Patenteamento em nanotecnologia: estudo do setor de materiais poliméricos nanoestruturados. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 15, p. 245-248, 2005.

BUSQUETS, R., MBUNDI, L. Emerging Nanotechnologies in Food Science: Micro and Nano Technologies. Chapter One - Concepts of Nanotechnology. **Amsterdã: Elsevier**, p. 1-9, 2017.

BUZEA C, BLANDINO IIP, ROBBIE K. **Nanomaterials and nanoparticles: sources and toxicity**. **Biointerphases**. 2007; v. 2, n. 4, p17 -172. Disponível em: < <https://avs.scitation.org/doi/abs/10.1116/1.2815690> >. Acesso em: 11 maio 2021.

CALDEIRA, A., SILVA, A. C. B., BORBA, C. M., ANICETO, C., & PETRUZ, E. (2016). Nanotecnologia: inovação para a competitividade na cadeia produtiva têxtil brasileira. **Revista Eletrônica de Estratégia & Negócios**, 8(3), 146-170

CAMPÀS, M.; CARPENTIER, R.; ROUILLON, R. Plant tissue-and photosynthesis-based biosensors. **Biotechnology advances**, v. 26, n. 4, p. 370-378, 2008.

CARREÑO, N. L. V., et al. Síntese de caracterização e estudo das propriedades catalíticas e magnéticas de nanopartículas de Ni dispersas em matriz mesoporosa de SiO₂. **Química nova**, 25, 935-942. 2002 Disponível em: < https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422002000600010 >.

Acesso em: 27 março 2021.

CARVALHO, L. M.; SOARES FILHO, A. F.; LIMA, M. S.; CRUZ FILHO, J. F.; Dantas, T. C. M.; Luz Jr, G. E. **2,4-Dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D) photodegradation on WO₃-TiO₂-SBA-15 nanostructured composite**. Environ. Scien. Pollut. Resear., v. 28, 7774–7785, 2021. Acesso em: 23 abril 2021.

CASTRO, V. C.; PARIS, E. C. Síntese e caracterização de óxidos de zinco pelo o método de Sol-Gel. **Embrapa Instrumentação**. São Carlos/SP. Nov. de 2017. p. 626-627 Disponível

em:<<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1081605/1/PSinteseeCaracterizacaodeOxido....pdf> >. Acesso em: 14 maio 2021.

CAVALCANTI, N. B. **Nanopartículas de prata produzidas por *Curvularia inaequalis* (Sdhear) Boedijn**. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais do Semiárido). Universidade Federal do Vale São Francisco, Campus Centro, Petrolina, 2014.

CHANG, D. et al. **Biologically Targeted Magnetic Hyperthermia: Potential and Limitations**. Front. Pharmacol. 9, 831 (2018). Acesso em: 07 abril 2021.

CHAU, C. F., WU, S. H., & YEN, G. C. (2007). The development of regulations for food nanotechnology. Trends in Food Science & Technology, 18(5), 269-280. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2007.01.007>.

CHEN, X.; LU, T.; WEI, N.; LU, Z.; ZHANG, W.; MA, B.; GUAN, Y.; LIU, W.; JIANG, F.; ALLOYS, J. Comp. 589 (2014) 448.

CHINNASAMY, C. N., et al., Synthesis and magnetic properties of face-centered-cubic and hexagonal-closer packed Ni nanoparticles through polyol process. **Journal of Applied Physics**. 97. 10J309. 2005. Acesso em: 30 abril 2021.

CNRIFN-Institute for photonics and nanotechnologies 2014. disponível: <http://www.tn.ifn.cnr.it/facilities/sol-gel-room/sol-gel-principles?tmpl=/system/app/templates/print/&showPrintDialog=1>. Acesso em: 18 abril 2021.

COLETI, J. S.; MARIA, G.; ALMEIDA, D. B. "Aspectos morfológicos da terminologia da nanociência e nanotecnologia", In Filologia e Linguística Portuguesa, vol. 12, 2010, num. 2, 2010, 271–294 pp.

COLLINSON, M. M.; HOWELLS, A. R., Sol-gels and electrochemistry, Analytical Chemistry, n. 1, p. 702A-709A, 2000.

CONCEIÇÃO FILHO, R. N. da S. **Síntese e caracterização de nanopartículas magnéticas do sistema binário samário cobalto**. Orientador: José Humberto de Araújo. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Ciências Exatas e da Terra, Programa de PósGraduação em Física. Natal, RN, 2017.

COSTA, T. C. de C. Síntese de nanopartículas de magnetita via decomposição térmica em meio não aquoso. 2013. 116f. Tese (Doutorado em Processamento de Materiais a partir do Pó: Polímeros e Compósitos; Processamento de Materiais a parte) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2013.

COUTINHO, N. F. **Células Solares Sensibilizadas por Corante**. Mestrado em física, Campinas, SP: [s.n.], 2014. p. 17-18. Disponível em: [file:///C:/Users/eduar/Downloads/Coutinho NataliadeFaria M.pdf](file:///C:/Users/eduar/Downloads/Coutinho%20NataliadeFaria%20M.pdf) Acesso em: 10/ maio/ 2021.

CRUCHO, C. I. C.; BARROS, M. T. Polymeric nanoparticles: A study on the preparation variables and characterization methods. *Materials Science and Engineering C*, v. 80, p. 771–784, 2017.

CULLITY, B. D; *Introduction to Magnetic Materials*. 2 ed. New Jersey: WILEY, 2009.

D'ORAZIO, P. Biosensors in clinical chemistry. ***Clinica chimica acta***, v. 334, n. 1-2, p. 41-69, 2003.

DANTAS, A. P. S.; VANDERLEI, R. M.; MARCONCINI, J. M.; PARIS, E. C. **Síntese e propriedades ópticas de nanopartículas de óxido de zinco produzidas por co-precipitação e hidrotermal**. Simpósio Nacional de Instrumentação Agropecuária (SIAGRO), 2019. Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, SP. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1116493/1/PSinteseepropriedadesoticasde nanopartículas....pdf>>. Acesso em: 14/05/2021.

DAVIS, G.; SONG, J. H. (2006). **Biodegradable packaging based on raw materials from crops and their impact on waste management**. *Industrial Crops and Products*, 23(2), 147-161. Disponível em :<http://dx.doi.org/101016/j.indcrop.2005.05.004>.. Acesso em: 28/04/2021.

DEY, C. et al.; Improvement of drug delivery by hyperthermia treatment using magnetic cubic cobalt ferrite nanoparticles. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials* ,427, 168 (2017).

DIANDRA, L.; LESLIE, P.; RIEKE, R. D. Magnetic properties of nanostructured materials. *Chem. Mater.*, v. 8, p. 1770 - 1783, 1996.

DREXLER, K. E. *Engines of Creation 2.0: The Coming Era of Nanotechnology*. February 2007, 646 p.

DULINSKA-LITEWKA, J. et al. **Superparamagnetic iron oxide nanoparticles-current and prospective medical applications**. *Materials (Basel)*. 12, (2019). Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30791358/>>. Acesso em: 17 maio 2021

EBRAHIMNEJAD, P.; DINARVAND, R.; SAJADI, S. A.; ATYABI, F.; RAMEZANI, F.; JAAFARI, M. R. **Preparation and Characterization of Poly Lactide-co-glycolide Nanoparticles of SN-38** - *Pharm. Sci. Technol.*, 63, p. 512. Disponível em:<<https://journal.pda.org/content/63/6/512.short>>. (2009).

ESKANDARI, M. J. HASANZADEH, I. Size-controlled synthesis of Fe₃O₄ magnetic nanoparticles via an alternating magnetic field and ultrasonic-assisted chemical co-precipitation. *Elsevier. Materials Science & Engineering B* 266. p. 1-2. 2021.

FALCÃO, V. D. **Fabricação de células solares de CdS/CdTe**. 2005. Dissertação (Mestrado) – Instituto Militar de Engenharia / Rio de Janeiro. 28 de fevereiro de 2005.

FDA. Guidance for Industry. Considering Whether an FDA Regulated Product Involves the Application of Nanotechnology. 2013. Disponível em:

<http://www.fda.gov/RegulatoryInformation/Guidances/ucm257698.htm> Acesso em: 08 maio 2021.

FERNANDES, L. D. S. L. Desenvolvimento de um Sistema de Polimerização por Atomização para a Formação de Partículas em escala Micro e Sub-micro. Natal - Brasil. Tese de Doutorado, p. 1-188, 2016.

FERREIRA, A. J. S.; FERREIRA, F. B. N. e OLIVEIRA, F. R. Têxteis Inteligentes: Uma breve revisão da literatura. REDIGE. v.5, n.1, p. 1-22, abr. 2014.

FILHO, A. G. S. **Mundo oculto da nanociência**. Departamento de Física da Universidade Federal do Ceará. 2011. Disponível em: <<http://funcapciencia.funcap.ce.gov.br/noticias/o-mundo-oculto-da-nanociencia-1>>. Acesso em: 03 abril 2021.

FORMARIZ, T. P., Microemulsões e fases líquidas cristalinas como sistemas de liberação de fármacos, **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences, vol. 41, n. 03, jul./set., 2005.

FRANCHETTI, S. M. M.; MARCONATO, J. C. Polímeros biodegradáveis – uma solução parcial para diminuir a quantidade dos resíduos plásticos. **Quim. Nova**, Vol. 29, No. 4, 811-816, 2006.

FRANCISQUINI, E. SCHOENMAKER, J. SOUZA, J. A. **Nanopartículas Magnéticas e suas Aplicações**. silo.tips 03.outubro.2017. p. 287. Disponível em: <<https://silo.tips/download/nanoparticulas-magneticas-e-suas-aplicacoes>> Acesso em: 21/04/2021.

FRONZA, T.; GUTERRES, S.; POHLMANN, A.; TEIXEIRA, H. **Nanocosméticos: Em Direção ao Estabelecimento de Marcos Regulatórios**. Porto Alegre: UFRGS, 2007

GANGOPADHYAY, U.; JANA, S.; DAS, S. State of Art of Solar Photovoltaic Technology. International Conference on Solar Energy Photovoltaics. **Journal of Energy**, Abril 2013.

GIRALDI, T. R., et al. (2012). Effect of synthesis parameters on the structural characteristics and photocatalytic activity of ZnO. *Materials Chemistry and Physics*, 136(2–3), 505–511.

GLEITER, H. Progress in Materials Sci. **Science Direct** 33 (1989) 223-315. Acesso em: 27 março 2021.

GUIMARÃES, R. R. **Influência das interfaces TiO₂/corantes, TiO₂ Qeletrolitos e rutilo/anatase sobre a eficiência de fotoconversão das células de gratzel**. Tese doutorado. Instituto de químicas da universidade de São Paulo, departamento de química fundamental. São Paulo 2016.

GUNALAN S.; SIVARAJ R.; RAJENDRAN V. Green synthesized ZnO nanoparticles against bacterial and fungal pathogens. **Progress in Natural Science: Materials International**. Vol. 22, Ed. 6, 2012.

GUO, S.; WANG, E.; **Anal. Chim. Acta.** Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S000326700701238X> >2007,598, 181. Acesso em 12 abril 2021.

GUPTA, A. K.; GUPTA, M. Synthesis and surface engineering of iron oxide nanoparticles for biomedical applications. **Biomaterials**, v. 26, n. 18, p. 3995-4021, 2005.

GUTERRES, S. S., ALVES M.P., POHLMANN, A.R. (2007). Polymeric Nanoparticles, nanospheres and nanocapsules for cutaneous applications. *Drug Target Insights*, **Pub med** 2:147- 157.

GYÖRGYFALVA, G. D. C. CSETE.; REANEY, I. M. Decomposition of NiMn₂O₄ spinel: an NTC thermistor material. **Journal of the European Ceramic Society**, v.21, p. 2145–2148, 2001. Acesso em: 27 março 2021.

HORITA, K. HORITA, D. TOMITA, H. YASOSHIMA M. YAGAMI, A. MATSUNAGA K. Effects of different base agents on prediction of skin irritation by sodium lauryl sulfate using patch testing and repeated application test. *Toxicology*. **Pub med**. v. 382, p. 10–15, 06 mar 2017.

INGALE, Arun G.; CHAUDHARI, A. N. Biogenic synthesis of nanoparticles and potential applications: an eco-friendly approach. **J Nanomed Nanotechol**, v. 4, n. 165, p. 1-7, 2013

ISO, CEN. TS 27687: 2008–Nanotechnologies–Terminology and definitions for nano-objects–Nanoparticle, nanofibre and nanoplate (ISO/TS 27687: 2008). German version: Vornorm DIN CEN ISO/TS, v. 27687, 2008.

JANASI, S. R. et al. The effects of synthesis variables on the magnetic properties of coprecipitated barium ferrite powders. **Journal of Magnetism and Magnetic Materials**, v. 238, n. 2-3, p. 168-172, 2002.

JAUHAR, S. et.al; Tuning the properties of cobalt ferrite: a Road towards diverse applications. **RSC Adv.**, 6, 97694 (2016).

JAVED, R. et al. Effect of capping agents: Structural, optical and biological properties of ZnO nanoparticles. **Applied Surface Science**, v. 386, n. Supplement C, p. 319–326, 15 nov. 2016.

JEEVANANDAM, J. et al. Review on nanoparticles and nanostructured materials: history, sources, toxicity and regulations. **Beilstein Journal of Nanotechnology**, v. 9, p. 1050-1074, 2018.

JIA, F.; LIU, X.; LI, L., Mallapragada, S., Narasimhan, B. and Wang, Q. (2013a). "Multifunctional nanoparticles for targeted delivery of immune activating and cancer therapeutic agents." **Journal of Controlled Release**, 172: 1020-1034.

JUNIOR, W. B. **Nanopartículas Magnéticas Metálicas Recobertas com Óxido de Ferro: Intensificação das Propriedades Magnéticas da Nanopartícula e Funcionalização para**

Aplicação em Biomedicina. 2011. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Instituto de Química de São Carlos, São Carlos, 2011.

KAPPEL, N. D.; PROLL, F.; GAUGLITZ, G. Development of a TIRF-based biosensor for sensitive detection of progesterone in bovine milk. **Biosensors and Bioelectronics**. v. 22, n.9-10, p. 2295-2300, 2007.

KAUFFMANN, Jean-Michel. Biosensors: Unique Tools in Pharmaceutical and Biomedical Sciences. **FABAD Journal Pharmaceutical Sciences**. v. 28, p. 107-112, 2003.

KELLY, N. A.; GIBSON, T. L. Increasing the solar photovoltaic energy capture on sunny and cloudy days. **Solar Energy**, v.85, p. 111-125, 2011.

KHAN, A. Y.; TALEGAONKAR, S.; IQBAL, Z.; AHMED, F. J.; KHAR, R. K. (2006). Multiple emulsions: an overview. **Curr Drug Deliv**, 3, 429-43.

KIM, H.; PARK, E.; KWON, S. J.; OHM, J. Y.; CHAM, H. J.; an integrated adoption model of solar energy technologies in South Korean. **Renewable Energy**, v66, p. 523-531, 2014

KIRSCH, J.; SILTANEN, C.; ZHOU, Q.; REVZIN, A.; SIMONIAN, A. Biosensor technology: recent advances in threat agent detection and medicine. **Chemical Society Reviews**, 42, 8733--8768, 2013.

KOUHNAVARD, M. et al. A review of semiconductor materials as sensitizers for quantum dot-sensitized solar cells. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 37, p. 397-407, 2014.

KUMAR, V.; YADAV, S. K. Plant-mediated synthesis of silver and gold nanoparticles and their applications. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology: International Research in Process, Environmental & Clean Technology*, v. 84, n. 2, p. 151-157, 2009.

KUMAR, S. et al. Chitosan nanocomposite coatings for food, paints, and water treatment applications. **Applied Sciences (Switzerland)**, v. 9, n. 12, 2019.

LAZARIN, C. **Correlação da viscosidade da fase orgânica com o tamanho de nanopartículas de poli (L-ácido láctico) produzidas por miniemulsificação/evaporação do solvente.** Orientadores: Fernanda Vitória Leimann. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 26 Set. 2013.

LATOS-BROZIO, Malgorzata; MAZEK, Anna. The application of natural food colorants as indicator substances in intelligent biodegradable packaging materials. **Food and Chemical Toxicology**. v. 135, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2019.110975>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0278691519307653>. Acesso em: 08 maio 2021.

LI, L. et al.; Synthesis and significantly enhanced microwave absorption properties of cobalt ferrite hollow microspheres with protrusions/polythiophene composites. **Journal of Alloys and Compounds**. 722, 158 (2017). Disponível em: <

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925838817320054> >. Acesso em: 13 maio 2021.

LIN, D. XING, B. Root Uptake and Phytotoxicity of ZnO Nanoparticles. **Environ. Sci. Technol.**, 42, 2008, p. 5580-5585. Disponível em: <<https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/es800422x>>. Acesso em 17 maio 2021.

LOMBARDO, D.; KISELEV, M. A.; CACCAMO, M. T. Smart nanoparticles for drug delivery application: development of versatile nanocarrier platforms in biotechnology and nanomedicine. **Journal of Nanomaterials**, v. 2019, 2019.

LU, H. M.; ZHENG, W. T.; JIANG, Q. Saturation magnetization of ferromagnetic and ferrimagnetic nanocrystals at room temperature. **Journal of Physics D: Applied Physics**, v. 40, n. 2, p. 320, 2007.

MACEDO, M. **Comparação dos cálculos teóricos com os cálculos práticos e sistematização do processo galvânico de ouro 18K**. Santa Bárbara do Oeste: Universidade Metodista de Piracicaba, 2006. Acesso em: 18 maio 2021.

MALERBA, M.; CERANA, R. Recent applications of chitin- and chitosan-based polymers in plants. **Polymers**, v. 11, n. 5, p. 1–9, 2019.

MAMAEVA, V., SAHLGREN, C. & LINDÉN, M. **Mesoporous silica nanoparticles in medicine** — Recent advances. **Adv. Drug Deliv. Rev.** 65, 689–702, 2013. Acesso em: 27 março 2021.

MAMANI, J. B. **Estruturas e Propriedades de Nanopartículas Preparação via Sol-Gel**. Tese (Doutorado em ciências). Universidade de São Paulo. Instituto de Física. Departamento de Física Aplicada. São Paulo, 2009.

MARAGOS, C. M.; BUSMAN, M. Rapid and advanced tools for mycotoxin analysis: a review. **Food Additives and Contaminants**. v. 27, n. 5, p. 688-700, 2010.

MARQUES, C. P. **Formas farmacêuticas tópicas contendo nanopartículas lipídicas**. 2010. Monografia Ciências farmacêuticas-Universidade Fernando Pessoa/ Faculdade Ciência da Saúde. Porto, 2010.

MEHNERT, W.; MADER, K. Solid lipid nanoparticles - production, characterization, and applications. **Advanced drug delivery reviews.**, v.47, p.165–196, 2001. Acesso em: 01 maio 2021.

MEHRABI, F. et al.; **Ultrasound assisted extraction of Maxilon Red GRL dye from water samples using cobalt ferrite nanoparticles loaded on activated carbon as sorbent: Optimization and modeling**. **Ultrasonics Sonochemistry**, 38, 672 (2017). Acesso em: 24 abril 2021.

MEKHILEF, S.; SAIDUR, R.; SAFARI, A. review on solar energy use in industries. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.15, p. 1777-1790, 2011.

MELO, N. H. **Utilização de Carvão Ativado e Nanopartículas de Magnetita na Adsorção do Corante Reativo Azul BF-5G**. 2016. Dissertação (Mestrado em Química) – Programa de Pós-Graduação em Química – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2016.

MÜLLER, R.H.; MADER, K., GOHLA, S. **Solid lipid nanoparticles (SLN) for controlled drug delivery – a review of the state of the art**. *Eur. J. Pharm. Biopharm.*, v. 50, n.1, p.161-177, 2000. Acesso em: 26 abril 2021.

MÜLLER, R.H.; RADTCKE, M.; WISSING, S.A. Nanostructured lipid matrices for improved microencapsulation of drugs. *International Journal of Pharmaceutics*, v. 242, p. 121-128, 2002. Acesso em: 09 abril 2021.

MÜLLER, R., SHEGOKAR, R. e KECK, C. (2011). 20 Years of Lipid Nanoparticles (SLN & NLC): Present State of Development & Industrial Applications. *Current Drug Delivery*, 8, pp. 2-38.

MUNFORD, M. L., **Eletrodeposição de nanoestruturas metálicas em silício monocristalino**. Tese de Doutorado. Curso de PósGraduação em Física da Universidade Federal de Santa Catarina (2002).

NAIR, R., KUMAR, K. S. A., PRIYA, K. V., SEVUKARAJAN, M. (2011). Recent Advances in Solid Lipid Nanoparticle Based Drug Delivery Systems, 3(2), 368–384.

NASSAR, M. Y. et al.; **Hydrothermally Synthesized Co₃O₄, α -Fe₂O₃, and CoFe₂O₄ Nanostructures: Efficient Nano-adsorbents for the Removal of Orange G Textile Dye from Aqueous Media**. *J Inorg Organomet Polym*, 27, 1526 (2017). Acesso em: 25 abril 2021.

NETO, A. L. de A. **Desenvolvimento de nanopartículas magnéticas modificadas superficialmente com carboidratos para o cultivo celular de microorganismos**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas. Setor de Ciências da Saúde. Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 20 fevereiro 2019. p. 94. Acesso em: 18 maio 2021.

NEVES, K. **Nanotecnologia em cosméticos**. *Cosmetics & Toiletries*, v. 20, jan-fev, p.22, 2008. Acesso em: 12 maio 2021.

NIGRO, A.; PELLEGRINO, M.; GRECO, M.; COMANDÈ, A.; SISCO, D.; PASQUA, L.; MORELLI, C. **Dealing with Skin and Blood-Brain Barriers: The Unconventional Challenges of Mesoporous Silica Nanoparticles**. *Pharmaceutics*, 10(4), 250, 2018. 04 maio 2021.

OMETTO, J. G. S. (2016). Em nanotecnologia não se pensa pequeno. **ABIT: Associação Brasileira Da Indústria Têxtil**. Recuperado em: 7 abr. 2016 de <http://www.abit.org.br/noticias/noticia10490>.

PAESANO, Jr. A.; ZANATTA, S. C.; DE MEDEIROS, S. N.; CÓTICA, L. F.; DA CUNHA, J. B. M. **Mechanosynthesis of YIG and GdIG: A Structural and Mössbauer Study.** *Hyperfine Interactions* 2005, 161, 211-220. Acesso em: 06 abril 2021.

PARLAMENTO EUROPEU - Resolução do Parlamento Europeu, Aspectos regulamentares dos nanomateriais. **Jornal Oficial da União Europeia.** 24 de abril de 2009 (8.7.2010) C 184 E/82- C 184 E/89. Disponível em: <<https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:C:2010:184E:0082:0089:PT:PDF>>. Acesso em: 26 março 2021.

PASA, A. A., MUNFORD, M. L., **Electrodeposition – Encyclopedia of Chemical Processing.** New York: Dekker Encyclopedias, 821-832 (2006). Acesso em: 13 abril 2021.

PEDREIRA, B. A. B.; CHILITI, T.; PARIS, E. C. Síntese de nanoestruturas de ZnO pelos métodos de precipitação e hidrotermal. **IX Workshop de Nanotecnologia aplicada ao Agronegócio.** São Carlos (SP): 2017. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/168264/1/P-Sintese-de-Nanoestruturas-de-ZnO-.....pdf>>. Acesso em: 09 abril 2021.

PEDROZA, R. C. (2007) **Espectroscopia Raman em nanocompósitos de CoFe₂O₄/SiO₂ preparados pelo método Sol-Gel.** Tese. Universidade de Brasília instituto de Física. Brasília-DF, p. 17- 18. 90. Disponível em https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/3357/1/2007_RobertoCarneiroPedroza.pdf. Acesso em: 02/05/2021.

PEREIRA, D. A. **Síntese e funcionalização de nanopartículas de ouro para formação de bionanoconjugados para o desenvolvimento de biossensores.** Mestrado em química FCUP (Faculdade de Ciências da Universidade do Porto),2014.

PERERA, S.; BHUSHAN, B.; BANDARA, R.; RAJAPAKSE, G.; RAJAPAKSE, S.; BANDARA, C. Morphological, antimicrobial, durability, and physical properties of untreated and treated textiles using silver-nanoparticles. **Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects**, v. 436, p. 975-989, set. 2013.

PINTO REIS, C., R. J. NEUFELD, A. J. RIBEIRO e F. VEIGA. Nanoencapsulation I. Methods for preparation of drug-loaded polymeric nanoparticles. **Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine**, v.2, n.1, p.8-21.2006. Acesso em: 05 março 2021.

POVEDA, P. N. S. **Estudo do efeito de nanopartículas de carbonato de cálcio, dióxido de titânio e óxido de zinco nas propriedades dos termoplásticos polietileno de baixa densidade linear e copoliéster alifático aromático, submetidos à radiação ultravioleta.** 2015. Tese (Doutorado em Ciência na área de Tecnologia e Nuclear) - Autarquia Associada a Universidade de São Paulo/ Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. São Paulo 2015.

PUNTES, V. F., ZANCHET, D., ERDONMEZ, C. K., ALIVISATOS, A. P., *J. Am. Chem. Soc.* 124 (43) (2002) 12874. Acesso em: 02 abril 2021.

QUINTANAR-GUERRERO, D., TAMAYO- ESQUIVEL, D., GANEM-QUINTANAR, A., ALLÉMANN, E., DOELKER, E. Adaptation and optimization of the emulsification-diffusion technique to prepare lipidic nanospheres. **Eur. J. Pharm. Sci.** 26, p. 211-218, 2005.

RIBEIRO, J. F. S. **Estudo do método de síntese de materiais com estruturas perovskita nas características estruturais e na remoção do corante azul de metileno.** Dissertação (Mestrado em Química). Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão, SE. 27 julho 2019. p. 72. 2019. Acesso em: 19 março 2021.

RIZVI, Syed AA; SALEH, Ayman M. Applications of nanoparticle systems in drug delivery technology. **Saudi Pharmaceutical Journal**, v. 26, n. 1, p. 64-70, 2018.

ROGERS, K. R. Recent advances in biosensor techniques for environmental monitoring. **Analytica Chimica Acta**. v. 568, n. 1-2, p. 222–231, 2006.

ROMA, R. C.; RIVAS, G. L., BAPTISTA, P. V.; FERNANDES, A. R. Gene therapy in cancer treatment: Why go nano? *Pharmaceutics* 12, (2020). Acesso em: 19 março 2021.

ROSSAN, M. R. **Preparação e caracterização de micro e nanopartículas lipídicas sólidas para aplicação em cosméticos.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Química- Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Química. Campinas - São Paulo. 28 julho 2011.

SAGNELLA, S. M.; MCCARROLL, J. A.; KAVALLARIS, M. Drug delivery: beyond active tumour targeting. *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology, and medicine*, 10: 1131-1137, 2014. Acesso em: 30 março 2021.

SAKKA, S.; “Handbook of Sol-Gel Science and Technology: Processing, Characterization and Applications”, **J. Am. Chem. Soc.**, v. 127, p 6135–6135, 2005.

SAKER NETO, N. **Síntese de grafenos quimicamente modificados e aplicação em células fotovoltaicas orgânicas.** 2014. 90 f. Dissertação (Mestrado) Curso de Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2014.

SÁNCHEZ, A. RECILLAS, S. FONT, X. CASALS, E. GONZA´LEZ, E. PUNTES, V. **Trends Anal. Chem.** 30 (2011) 507e516. Disponível em:< <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0165993611000057>>. Acesso em: 30 abril 2021.

SÁNCHEZ, J.C. Têxteis inteligentes. **Química Têxtil**. n.82. p- 58-77. 2006.

SANTOS, C. M. P. Nanoencapsulação de Ingredientes Activos em Cosmetologia. Dissertação para Mestre em Ciências Farmacêuticas. Orientador: Ana Catarina Silva. Universidade Fernando Pessoa. Faculdade de Ciências da Saúde. Porto, setembro 2012.

SAVOLAINEN, K. et al. **Risk assessment of engineered nanomaterials and nanotechnologies A review.** In *Toxicology*, v. 269, 2010, num. 2–3, 25 de Janeiro de 2010, 92–104 pp. Disponível em: <

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0300483X10000247?via%3Dihub> Acesso em: 16 abril 2021.

SCARPA, E. Z. **Preparação e Caracterização Óptica de filmes finos de sílica/orgânico dopados com Molibdênio.** (2018). Orientador: Fabio Simões de Vicente. p. 53. Dissertação (mestrado) em física - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro

SCHÄFER, T. M. Z. **Síntese, caracterização e aplicação de nanopartículas de óxido de ferro (Fe₃O₄).** 2017. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Campus de Toledo. Centro de Engenharias e Ciências Exatas, 2017. Disponível em: <http://tede.unioeste.br/bitstream/tede/3266/2/Thaynara_Schafer_2017.pdf>. Acesso em: 10 maio 2021.

SCHAFFAZICK, Scheila Rezende et al. Caracterização e estabilidade físico-química de sistemas poliméricos nanoparticulados para administração de fármacos. **Química nova**, v. 26, n. 5, p. 726-737, 2003.

SCHMIDT, R.; BASU, A.; BRINKMAN, A. W. Production of NTCR thermistor device based on NiMn₂O₄. **Journal of the Europe Ceramic Society**, v. 24, p. 1233-1236, 2004.

SCHUBERT, U.; HUSING, N. Synthesis of Inorganic Material. 3 rd ed. **Wiley-VCH: Weinheim**, Germany 2012.

SECRETARIA DA EDUCAÇÃO. Biosensores: tecnologia e aplicações. Disponível em: <<http://www.biologia.seed.pr.gov.br/arquivos/file/biotecnologia/biosensores.pdf>>. Acesso em: 30 ago. 2018.

SHAMSUZZAMAN, et al., **Biological synthesis of ZnO nanoparticles using C. albicans and studying their catalytic performance in the synthesis of steroidal pyrazolines.** Arabian Journal of Chemistry (2013). Acesso em: 21 maio 2021

SILVA, A. I. F.; AFONSO, J. C.; SOBRAL, L. G. S. Avaliação do efeito da concentração de carbonato na eletrodeposição de cobre sobre discos de aço-carbono. **Química Nova**, v. 31, n. 7, p.1843-1850, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422008000700041>. Acesso em: 18 maio 2021.

SILVEIRA, E. A. J. Incorporação de Nanopartículas de Ferrita de Cobalto (CoFe₂O₄) em Resina Epoxídica para a Obtenção de Nanocompósitos. 2016. Dissertação (Mestrado em química) - Universidade Federal de Goiás, Instituto de Química (IQ), Programa de Pós-Graduação em Química, Goiânia, 2016.

Disponível em: <<https://repositorio.bc.ufg.br/tede/bitstream/tede/6858/5/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20-%20Eli%20Silveira%20Alves%20J%C3%BAnior%20-%202016.pdf>>. Acesso em: 18 maio 2021.

SOARES FILHO, A. F.; CRUZ FILHO, J. F.; LIMA, M. S.; CARVALHO, L. M.; SILVA, L. K. R.; COSTA, J. S.; DANTAS, T. C. M.; LUZ JR., G. E. Photodegradation of 17 α -Ethinylstradiol (EE2) on Nanostructured Material of Type WO₃-SBA-15, Water Air Soil Pollut., 229-268, 2018. Acesso em: 07 abril 2021.

SOBRINHO, L. C. O. **Desenvolvimentos e pesquisas na terceira geração de células fotovoltaicas**. Graduação em Engenharia Elétrica. 2016. p. 67. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2016.

SOUTO, E. B, MÜLLER, R. H. Lipid nanoparticles (SLN and NLC) for drug delivery, em Nanoparticles for pharmaceutical applications, Capítulo 5. **American Scientific Publishers**, p. 103 – 121, 2005.

SOUTO, E. B., SEVERINO, P., SANTANA, M. H. A. **Preparação de nanopartículas poliméricas a partir de polímeros pré-formados - parte II**. São Carlos 2012 Epub Jan 27, 2012.

SOUZA, D. A. R. D. **Eletrodeposição e caracterização de camadas magnéticas de magnetita**. 2010. (Dissertação de Mestrado). Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis/SC.

STEICHEN, C. et al. Identification of the immunodominant protein and other proteins of the *Bacillus anthracis* exosporium. **Journal of bacteriology**, v. 185, n. 6, p. 1903, 2003.

THIRUMURUGAN, G.; DHANARAJU, M. D. Novel biogenic metal nanoparticles for pharmaceutical applications. **Advanced Science Letters**, v. 4, n. 2, p. 339-348, 2011.

TOMA, E. E. **Nanotecnologia molecular - materiais e dispositivos**. São Paulo: Editora Blucher, 2016. 9788521210245.

TOMA, H. E. **O mundo nanométrico: a dimensão do novo século**. 2ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

TROTTA, M., DEBERNARDI, F., CAPUTO, O. Preparation of solid lipid nanoparticles by a solvent emulsification-diffusion technique. **Int. J. Pharm.**, 257, p. 153-160, 2003.

VÄLIMAA, A. L.; KIVISTÖ, A. T.; LESKINEN, P. I.; KARP, M. T. **A novel biosensor for the detection of zearalenone family mycotoxins in milk**. Journal of Microbiological Methods. v. 80, n. 1, p.44-48, 2010.

VASUKI, K. et al.; Amperometric hydrogen peroxide sensor based on the use of CoFe₂O₄ hollow nanostructures. **Microchim Acta**, 184, 2579 (2017). Acesso em: 09 abril 2021.

VITORETI, Ana Beatriz Ferreira et al. Aplicação de Dióxido de Titânio em Células Solares. **Revista Virtual de Química**, v. 9, n. 4, 2017.

WANG, J.; LIU, W.; TU, Q.; SONG, N.; ZHANG, Y.; NIE, N. - Biomacromolecules, 10, p. 228 (2010).

WICKI, A., WITZIGMANN, D., BALASUBRAMANIAN, V. AND HUWYLER, J. (2015). "Nanomedicine in cancer therapy: challenges, opportunities, and clinical applications." **Journal of Controlled Release**, 200: 138-157.

YU, Xiao-Yun et al. **High performance and reduced charge recombination of CdSe/CdS quantum dot-sensitized solar cells**. *Journal of Materials Chemistry*, v. 22, n. 24, p. 12058-12063, 2012.

ZARBIN, A. J. G. Química de (nano)materiais. Departamento de Química, Universidade Federal do Paraná, Curitiba - PR, **SciElo. Quim. Nova**, Vol. 30, No. 6, 1469-1479, 2007.

ZAZO, H.; COLINO, C. I.; LANA O, J. M. Current applications of nanoparticles in infectious diseases. **Journal of Controlled Release**, v. 224, p. 86-102, 2016.

ZHANG, K. et al.; Preparation and microwave absorption properties of asphalt carbon coated reduced graphene oxide/magnetic CoFe₂O₄ hollow particles modified multi-all carbon nanotube composites. **Journal of Alloys and Compounds**, 723, 912 (2017).

ZHAO, Q. Q.; BOXMAN, A.; CHOWDHRY, U. J. **Nanoparticle Res.** Disponível em < <https://link.springer.com/article/10.1023/B:NANO.0000006151.03088.cb> > 2003, 5, 567.

ZHOU, Q., PRAMODA, K. P., LEE, J. M., WANG, K., & LOO, L. S. (2011). Role of interface in dispersion and surface energetics of polymer nanocomposites containing hydrophilic POSS and layered silicates. **Journal of Colloid and Interface Science**, 355(1), 222-230. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcis.2010.12.010>. PMID:21190693.

ZHU, H. et al. Experimental study on the variations in human skin temperature under simulated weightlessness. **Building and Environment**, v. 117, p. 135–145, 2017.