



A Produção do Conhecimento na Engenharia Química

**Carmen Lúcia Voigt
(Organizadora)**



A Produção do Conhecimento na Engenharia Química

**Carmen Lúcia Voigt
(Organizadora)**

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Chefe: Prof^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Natália Sandrini
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof^a Dr^a Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Faria – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie di Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^a Dr^a Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof^a Dr^a Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof^a Dr^a Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^a Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof^a Dr^a Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof^a Dr^a Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof^a Dr^a Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof^a Dr^a Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
P964	A produção do conhecimento na engenharia química [recurso eletrônico] / Organizadora Carmen Lúcia Voigt. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader. Modo de acesso: World Wide Web. Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-747-5 DOI 10.22533/at.ed.475190611 1. Engenharia química – Pesquisa – Brasil. I. Voigt, Carmen Lúcia. CDD 660.76
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A Engenharia Química, devido preocupação em desenvolver produtos e processos de produção, é responsável por pesquisas e projetos em relação aos materiais que passam por mudanças físicas e químicas, adquirindo outras características. A manipulação de compostos e substâncias para se criar novos produtos é o foco da Engenharia Química. Estes produtos proporcionam uma melhoria na qualidade de vida humana, pois além de pesquisas relacionadas, existe a preocupação em viabilizar as invenções, criar métodos baratos e eficientes de fabricação em massa, implementar processos químico-industriais cada vez melhores, mais econômicos e mais ecológicos.

O mercado de trabalho na área da Engenharia Química volta-se, por exemplo, para as áreas de energias renováveis (biocombustíveis), para a extração de óleos vegetais e para a produção de ração animal. Há espaço nas indústrias de tintas prediais e automotivas (máquinas agrícolas), nas indústrias têxteis, de cosméticos e higiene pessoal, assim como nas indústrias de tratamento de superfícies metálicas e não metálicas. Os profissionais também podem atuar nas indústrias de transformação dos polímeros, de gemas e joias, de erva-mate, frigoríficas e em laticínios, bem como nas indústrias farmacêuticas e de medicamentos.

Neste volume, organizado para você, apresentamos a produção de conhecimento na Engenharia Química através da realização de pesquisas diversas que abrangem desde nanomateriais na indústria de fármacos, métodos para degradação de poluentes, recuperação e purificação de compostos tanto de origem orgânica ou inorgânica, métodos de adsorção de corantes, até síntese de materiais, como óxido de grafeno e zeólita sodalita, por questões ambientais e energéticas.

Com base nestes trabalhos, convidamos você a aprimorar seus conhecimentos na área da Engenharia Química. Os trabalhos selecionados oportunizam uma nova visão de materiais, métodos e técnicas, mostrando a produção de conhecimento na área bem como o impacto tecnológico no desenvolvimento da indústria e sua relação direta com a sociedade e meio ambiente.

Boa leitura.

Carmen Lúcia Voigt

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
NANOMATERIAIS NA INDÚSTRIA DE FÁRMACOS	
Marlucia Ribeiro Barbosa Bourguignon	
Mariana César	
Iara Sperandio	
Damaris Guimarães	
DOI 10.22533/at.ed.4751906111	
CAPÍTULO 2	11
PRODUÇÃO DE FOTOCATALISADORES PARA DEGRADAÇÃO DOS HORMÔNIOS 17 β -ESTRADIOL E 17 α -ETINILESTRADIOL	
Ramiro Picoli Nippes	
Sérgio Ursulino Junior	
Tháisa Frossard Coslop	
Mara Heloisa Neves Olsen Scaliante	
DOI 10.22533/at.ed.4751906112	
CAPÍTULO 3	22
MICROENCAPSULAMENTO DE ÓLEOS ESSENCIAIS: CONCEITOS E APLICAÇÕES	
Lidiane Diniz do Nascimento	
Márcia Moraes Cascaes	
Kauê Santana da Costa	
Eloisa Helena de Aguiar Andrade	
Elisângela Lima Andrade	
Cristiane Maria Leal Costa	
Lênio José Guerreiro de Faria	
DOI 10.22533/at.ed.4751906113	
CAPÍTULO 4	36
ANÁLISE TERMODINÂMICA DA FORMAÇÃO DE HIDROGÊNIO E GÁS DE SÍNTESE AO LONGO DA REAÇÃO DE GASEIFICAÇÃO COM ÁGUA SUPERCRÍTICA DO GLICEROL	
Julles Mitoura dos Santos Junior	
Annamaria Doria Souza Vidotti	
Reginaldo Guirardello	
Antônio Carlos Daltro de Freitas	
DOI 10.22533/at.ed.4751906114	
CAPÍTULO 5	49
PERFORMANCE OF A CYCLONE ADAPTED WITH WATER SPRAYERS	
Ana Clara Alves Justi	
Gabriel Henrique Justi	
Mônica Lopes Aguiar	
DOI 10.22533/at.ed.4751906115	

CAPÍTULO 6 62

SISTEMAS AQUOSOS BIFÁSICOS: UMA PLATAFORMA PARA A EXTRAÇÃO E PURIFICAÇÃO DE COMPOSTOS

Luan Vittor Tavares Duarte de Alencar
Laís Maria Santos Passos
Ricardo Porto Santos
Cleide Mara Faria Soares
Álvaro Silva Lima
Ranyere Lucena de Souza

DOI 10.22533/at.ed.4751906116

CAPÍTULO 7 75

AValiação DO EQUILÍBRIO DE ADSORÇÃO DO CORANTE AZUL DE METILENO EM BIOCARVÃO PREPARADO POR PIRÓLISE DE CASCA DE EUCALIPTO

Lucas Destefani Paquini
Ueslei Giori Favero
Ruan de Oliveira Alves
Cynthia Pereira dos Santos
Jean Cota Coura
Renato Ribeiro Passos
Luciene Paula Roberto Profeti
Demetrius Profeti

DOI 10.22533/at.ed.4751906117

CAPÍTULO 8 85

INFLUÊNCIA DA AGITAÇÃO, pH E TEMPERATURA NO ESTUDO DA CINÉTICA E EQUILÍBRIO DE ADSORÇÃO DO CORANTE VERMELHO CONGO

Priscila Pereira Silva
Bruno Henrique Peressin Lanzoni
Evandro Roberto Alves

DOI 10.22533/at.ed.4751906118

CAPÍTULO 9 99

TINGIMENTO DE POLIAMIDA ADICIONANDO β -CICLODEXTRINA AO BANHO DE TINGIMENTO

Ana Luísa Alves Musialak
Bruna Thaisa Martins Ferreira
Washington Luiz Félix Santos

DOI 10.22533/at.ed.4751906119

CAPÍTULO 10 106

PREPARAÇÃO DE ÓXIDO DE GRAFITE PARA PRODUÇÃO DE COMPÓSITOS $\text{Cu@TiO}_2/\text{RGO}$ UTILIZADOS COMO FOTOCATALISADORES

Jean César Marinozi Vicentini
Eduardo Sbardellati Barbieri
Gimerson Weigert Subtil
Nathalia Caputo da Silva
Fernanda Ribeiro Gaspar Branco da Silva
Mara Heloisa Neves Olsen Scaliante

DOI 10.22533/at.ed.47519061110

CAPÍTULO 11 118

SÍNTESE DE ZEÓLITA TIPO SODALITA A PARTIR DA CINZA VOLANTE

Emerson Cardoso Rodrigues
José Antônio da Silva Souza
Emanuel Negrão Macêdo
Carlos Augusto da Rocha Junior
Alice dos Prazeres Pinheiro
Romero Moreira de Oliveira
Dilson Nazareno Pereira Cardoso
Wenderson Gomes dos Santos
Bruno Maués Farias

DOI 10.22533/at.ed.47519061111

SOBRE A ORGANIZADORA..... 132

ÍNDICE REMISSIVO 133

NANOMATERIAIS NA INDÚSTRIA DE FÁRMACOS

Marlucia Ribeiro Barbosa Bourguignon

Universidade Federal do Espírito Santo
Alegre-ES

Mariana César

Universidade Federal do Espírito Santo
Alegre-ES

Iara Sperandio

Universidade Federal do Espírito Santo
Alegre-ES

Damaris Guimarães

Universidade Federal do Espírito Santo
Alegre-ES

RESUMO: Os nanomateriais são partículas pertencentes na escala entre 1 e 100 nanômetros (nm, 10^{-9}) e possui vasta aplicação devido a características adquiridas por meio do seu tamanho, que potencializa as propriedades químicas, físicas e biológicas presentes no material, possibilitando sua aplicação em inúmeros campos, com um grande destaque na nanotecnologia farmacêutica, que tem como finalidade desenvolver produtos utilizando nanomateriais na produção de fármacos de liberação controlada. Diversos são os tipos de nanotecnologias utilizadas na indústria farmacêutica para a encapsulação de ativos como: lipossomas, nanopartículas poliméricas, ciclodextrina, nanomateriais de carbono, entre

outros. Tais materiais permitem uma maior eficiência se comparados a encapsulação convencional, menor administração do medicamento além de permitirem uma menor incidência de efeitos adversos. Com o objetivo de contribuir pra o desenvolvimento dos medicamentos em relação às limitações existentes nos fármacos mais usuais, os produtos de liberação controlada em geral conseguem trabalhar uma melhor adesão do paciente ao tratamento junto a uma melhor eficiência. Isso em função, principalmente, do aumento de biodisponibilidade. Estudos envolvendo nanotecnologia no tratamento de câncer são necessários com o propósito de criar alternativas à medicina tradicional com a necessidade de combater o tumor sem prejudicar os órgãos sadios.

PALAVRAS-CHAVE: Nanotecnologia, nanopartículas, fármacos de liberação controlada.

NANOMATERIALS IN THE PHARMACEUTICAL INDUSTRY

ABSTRACT: Nanomaterials are particles belonging to a scale between 1 and 100 nanometers (nm, 10^{-9}) and have application due to characteristics through their size, which enhances the chemical, physical and biological properties present in the material, enabling its

application. in numerous fields, with a larger focus on pharmaceutical nanotechnology, which aims to develop products using nanomaterials in the production of controlled release drugs. There are several types of nanotechnologies used in the pharmaceutical industry to encapsulate assets such as: liposomes, polymeric nanoparticles, cyclodextrin, carbon nanomaterials, among others. Such materials allow for greater efficiency compared to conventional encapsulation, lower drug administration and lower incidence of adverse effects. An order to contribute to the development of medicines in relation to the limitations existing in the most common drugs, controlled release products can generally work better patient compliance with treatment with better efficiency. This is mainly due to the increased bioavailability. Studies involving nanotechnology in cancer treatment are needed in order to create alternatives to traditional medicine with the need to fight the tumor without harming the healthy organs.

KEYWORDS: Nanotechnology, nanoparticles, Release drugs controls.

1 | INTRODUÇÃO

Os nanomateriais são caracterizados por envolver pelo menos um componente com dimensões entre 1 e 100 nanômetros (nm, 10^{-9} m), o qual nessa condição, apresenta suas características físicas químicas potencializadas. Todas as características do material, tanto óticas, físicas, magnéticas e dentre outras, se manifestam a partir de um determinado tamanho, chamado de crítico. Para um mesmo material, o tamanho crítico se difere de acordo com as suas características, como por exemplo o tamanho crítico de um material para as propriedades óticas pode ser 20nm, já para as propriedades magnéticas 80nm. Para uma mesma propriedade, o tamanho crítico se difere para os diferentes tipos de materiais (ZARBIN, 2007).

Os estudos envolvendo a síntese, caracterização e aplicação de nanomateriais em áreas diversas evoluíram muito no último século e, com isso, tais materiais ganharam destaque na comunidade acadêmica e aos poucos vem conquistando o mercado. Os maiores investidores do mundo nesse setor são os Estados Unidos, a Alemanha e o Japão. No Brasil, ainda que em menor escala, também há pesquisas nessa área, porém se faz necessário maior investimento (PASCHOALINO et al., 2010).

As expectativas para o uso da nanotecnologia no setor industrial são cada vez mais altas devido a suas diferentes possibilidades, tendo suas aplicações desde o setor automobilístico, eletrônico até o farmacêutico (POHLMANN et al., 2013).

O avanço tecnológico observado recentemente nas áreas de nanociência e nanotecnologia (N&N) trouxe importantes contribuições para a indústria de fármacos, a qual tem apresentado um interesse crescente no desenvolvimento de formulações nanotecnológicas destinadas ao tratamento de diversas doenças e, até mesmo, ao combate do vírus da imunodeficiência adquirida (AIDS). No entanto, o uso de nanomateriais como medicamento, assim como de outros tipos de materiais, é algo

muito complexo e pode propiciar efeitos colaterais em organismos vivos. Logo, o desenvolvimento ou descoberta de novos fármacos não é garantia de sucesso na terapia e a realização de pesquisa detalhadas se faz necessária (PASCHOALINO et al., 2010).

Nesse contexto, o presente capítulo apresentará uma revisão bibliográfica sobre nanomateriais, contendo cronologia e suas aplicações na indústria farmacêutica, destacando suas vantagens e desvantagens e o seu emprego no tratamento de doenças, como o câncer.

2 | NANOTECNOLOGIA

A nanotecnologia está presente em diversas aplicações em nosso cotidiano e atualmente é um dos principais cerne de pesquisa, desenvolvimento e inovação em países industrializados (RAMOS et al., 2008). É considerado um processo nanotecnológico todo aquele que possui em sua formação ao menos um componente de dimensão na escala manométrica. Esse método compreende a formação ou subdivisão de um material em nanopartículas, a caracterização do material formado e suas aplicações (POHLMANN et al., 2013).

Segundo Pohlmann et al., 2013 a nanotecnologia tem por objetivo a criação de novos materiais e produtos de cunho distinto, os quais durante sua produção são utilizadas técnicas que garantem a obtenção de nanomateriais com suas características típicas.

Os conceitos e diferenças de nanopartículas e nanomateriais ainda não são bem definidas por estudiosos e se misturam em alguns momentos. Neste trabalho, considera-se (i) nanopartículas aquelas que possuem um diâmetro nominal menor do que cem nanômetros, ou seja, menor do que a espessura de um fio de cabelo, as quais são termodinamicamente instáveis e (ii) nanomaterial um material qualquer, com dimensão externa em nano escala ou estrutura de superfície com escala nanométrica. Em comparação ao material sem características de nanoescala, os nanomateriais podem apresentar características inéditas (TIELAS *et al.*, 2014).

Os nanomateriais de acordo com suas características são subdivididos em sete categorias, sendo elas: Nanomateriais à base de carbono, muito utilizados em campos de energia, sendo os nanotubos de carbono, nanofibras de carbono, carbono negro, flocos de grafeno e fulerenos, os mais utilizados na indústria. Todos esses possuem alta resistência química, resistência à oxidação, altas temperaturas e baixa densidade. Podem apresentar características metálicas, semicondutoras ou até supercondutoras de acordo com diâmetro, quiralidade e sua estrutura. Esse tipo de material apresenta alta resistência mecânica (ZARBIN, 2007).

Nanocompósitos são compósitos em que pelo menos um dos seus componentes possuem dimensões nanométricas, possuindo propriedades únicas,

multifuncionalidade e capacidade de realizar combinações únicas, como por exemplo a sílica. Os nanocompósitos possuem diversas aplicações médicas, dentre elas no diagnóstico de doenças, utilizando como por exemplo metais e ligas. Nanomateriais biológicos, são nanomateriais para a atuação biológica, caracterizados pelo estudo, processamento, fabricação e desenho de dispositivos orgânicos, nos quais pelo menos um componente funcional possui tamanho nanométrico. Um exemplo do uso desse tipo de material é a produção de fármacos e cosméticos (GAUI, 2016), como os nanopolímeros, nanovidros e nanocerâmicas (TIELAS *et al.*, 2014).

A nanotecnologia possui aplicações em muitos setores industriais e de serviço, como na indústria farmacêutica, devido ao seu poder de proteção contra degradação, direcionamento no aumento da eficácia, diminuição da toxicidade e mascaramento de características desagradáveis (POHLMANN *et al.*, 2013).

3 | HISTÓRICO DA NANOTECNOLOGIA

Segundo Brasil, 2010 os primeiros registros relacionados à nanotecnologia são de aproximadamente 460-370 a.C., quando Demócrito introduziu na ciência o termo átomo como uma partícula indivisível e invisível ao olho nu. À vista disso, cientistas puderam criar os seus modelos, como Dalton, com o modelo de bola de bilhar, indivisível, no século XIX, segundo o qual os elementos eram constituídos por átomos do mesmo tipo. Thomson, em 1898, propôs a ideia de que um átomo não era maciço, nem indivisível, e sim uma esfera de matéria com cargas positivas, com o interior negativo. Alguns anos depois, Rutherford e Bohr deram suas contribuições, chegando então à atual configuração do átomo, uma partícula constituída de núcleo, carregado positivamente, e circundado por elétrons, que possuem cargas negativas (POHLMANN *et al.*, 2013).

Em 1959, Feynman propôs a possibilidade da manipulação de átomos e a miniaturização de materiais até a escala nanométrica. Todavia, devido à impossibilidade de enxergar o átomo e sua estrutura, suas ideias não foram colocadas em exercício (BRASIL, 2010).

A palavra nanotecnologia surgiu apenas em 1974, quando Nario Taniguchi introduziu o prefixo nano à palavra tecnologia, iniciando, assim, uma nova era (BRASIL, 2010).

Um marco para o desenvolvimento e popularização da nanotecnologia aconteceu com o surgimento do microscópio do modelo corrente de tunelamento, no início dos anos 80. Com o auxílio desse aparelho, foi possível então analisar com mais exatidão estruturas atômicas, possibilitando o seu estudo e sua manipulação em escala nanométrica (BRASIL, 2010).

No Brasil, apesar das tentativas de investimento, com a criação do Programa Nacional de Nanotecnologia, que visava à conquista do mercado de materiais nanotecnológicos, no ano 2000, não existiam estratégias políticas de desenvolvimento

bem estruturadas visando à pesquisa e ao mercado, o que culminou em um atraso tecnológico significativo, se comparado a países desenvolvidos (RAMOS et al., 2008).

4 | NANOTECNOLOGIA NA INDÚSTRIA FARMACÊUTICA

Uma das aplicações da nanotecnologia é no setor farmacêutico, a qual se dá na área de pesquisa, produção, ingestão de fármacos e acompanhamento. O desenvolvimento ou descoberta de um novo fármaco não é garantia no sucesso da terapia. A maior dificuldade nesse caso é fazer com que a droga manipulada chegue ao local a ser tratado no organismo humano/animal na quantidade correta, a fim de que não se prejudique órgãos sadios. Devido ao tamanho da partícula, a penetração em membrana celular é facilitada, o que requer um maior nível de atenção na manipulação e pesquisa. Erros podem ser mitigados por meio do acompanhamento, pesquisa e análise de resultados (ALVES et al., 2008).

4.1 Vantagens do uso da nanotecnologia na indústria farmacêutica

Dentre as vantagens para a utilização de nanopartículas na produção de fármacos está a diminuição da frequência de administração e a menor incidência de efeitos adversos, com a utilização de doses mais baixas do fármaco (princípio ativo) e menor índice de toxicidade. Em relação a aspectos econômicos, pode-se citar o maior tempo de patente da formulação do medicamento (ALVES et al., 2008).

4.2 Sistema de liberação controlada de fármacos

Também chamado de “Drug Delivery System”, o sistema de liberação controlada de fármacos é uma operação que visa modular e controlar totalmente a distribuição do fármaco associado ao vetor. A esse sistema é associado todo fármaco que tem por objetivo a liberação da droga em lugar predeterminado do corpo humano, garantindo que a cinética e a concentração deste seja respeitada na distribuição durante o intervalo de tempo necessário e a necessidade do corpo. A liberação da droga nesse sistema não ocorre de imediato, ela é liberada modularmente. Muito utilizado no tratamento de câncer, essa distribuição pode ser retardada, repetida, controlada, sustentada, prolongada, estendida, vetorizada ou modificada (GAUI, 2016).

Nem todo fármaco possui características cinéticas que permitem a utilização desse sistema de liberação. Para a maior eficiência do Drug Delivery System, pesquisas são realizadas para a utilização de nanopartículas como carreadores, biossensores, biomarcadores. Nanopartículas também são utilizadas para o nanoencapsulamento de fármacos, com o objetivo de diminuir problemas colaterais e baixa estabilidade (GAUI, 2016).

O objetivo desse tipo de partícula em carreadores é a otimização do tempo

de liberação do fármaco, já que a nanopartícula apresenta maior estabilidade, se comparada com a partícula normal, em fluidos biológicos e maior potencialidade farmacêutica. O encapsulamento de nanopartículas é muito importante, pois permite que a droga seja administrada por vias antes não permitidas, como nasal e pulmonar. Devido ao seu tamanho, a droga entra em contato com a corrente sanguínea mais rapidamente. As nanopartículas mais utilizadas na encapsulação de ativos são os lipossomas, as nanopartículas poliméricas, ciclodextrinas e nanopartículas lipídicas (GAUI, 2016).

4.3 Nanopartículas utilizadas no setor de fármacos

4.3.1 Lipossomas

As Lipossomas são vesículas formadas basicamente por fosfolípidos organizados em bicamadas concêntricas que circundam um compartimento aquoso, que podem ter a estabilidade afetada por fatores químicos, físicos e biológicos. Devido às suas características, as lipossomas podem ser utilizadas como fármaco-carreadoras ou agentes de diagnóstico, funcionando como um sistema de liberação de fármacos até o tecido alvo (BATISTA et al., 2007).

Esse tipo de substância é muito utilizado no mercado de cosméticos, no entanto apresenta problemas de estabilidade (liofilização) e necessita do uso de solventes orgânicos (BATISTA et al., 2007).

As lipossomas podem ser de sítio específico, que permitem a liberação seletiva do fármaco nos sítios alvos; convencionais, aqueles capturados pelo sistema fagocitário mononuclear; furtivos, que apresentam a superfície modificada com componentes hidrofílicos; catiônicos, utilizados para liberação de ácidos nucleicos dentro das células; pH sensíveis, preparados com constituintes sensíveis ao pH são utilizados para liberar o fármaco no citoplasma ou no tecido intersticial de células tumorais; lipossomas termo-sensíveis, que possuem uma temperatura de transição de fase alguns graus acima da temperatura fisiológica, temperatura essa facilmente alcançada em local de hipertermia como o tecido tumoral (BATISTA et al., 2007).

4.3.2 Nanopartículas poliméricas

Nanopartículas poliméricas são derivadas de polímeros sintéticos que se apresentam na forma de nanocápsulas ou nanoesferas. As nanopartículas são envolvidas por um polímero que se concentra em um núcleo oleoso, onde a substância poderá ser adsorvida ou dissolvida na parede do polímero. Em contrapartida, as nanoesferas são de formação não oleosa, provenientes de uma matriz polimérica, na qual a substância poderá ser tanto adsorvida, como retida (SANTANA et al., 2011).

As nanopartículas poliméricas são preparadas a partir da polimerização *in situ*, polimerização interfacial, emulsificação-difusão, entre outras. Já as nanocápsulas

oleosas são desenvolvidas pelo deslocamento de solvente, sendo formadas por auto-organização de seus materiais (POHLMANN et al., 2013).

As nanopartículas poliméricas são produzidas a partir de polímeros biodegradáveis, no qual a composição polimérica e do princípio ativo são influenciados por sua disponibilidade, dependendo do comprimento da cadeia. Elas apresentam como vantagem a liberação controlada, que promove o direcionamento específico, na forma de substância endovenosa (SANTANA et al., 2011).

Estudos têm sido desenvolvidos abordando inúmeras aplicações terapêuticas, administração oral e oftalmológica. Com ligação a gestão oral de nanopartículas, as pesquisas direcionam-se para a diminuição de efeito colateral de alguns fármacos, relacionados à irritação gastrointestinal. Outra alternativa está no uso oftalmológico controlando a liberação e a disponibilidade ocular (SCHAFFAZICK *et al.*, 2003).

4.3.3 Ciclodextrinas

Ciclodextrinas são compostos cíclicos de oligossacarídeos macrocíclicos com unidades variáveis de glicose, formados a partir da degradação de amido pela enzima ciclodextrina- α -glicosiltransferase (CGTase). É muito usada na indústria farmacêutica, já que sua morfologia possui grupos hidroxilas (OH) orientadas para extremidade e um interior apolar, possibilitando, assim, a encapsulação de substâncias lipofílicas, podendo por essa característica aumentar a solubilidade do fármaco quando o mesmo se encontra aderido à sua cavidade (COUTO, 2010; ALVES, 2008).

São classificadas em: α -Ciclodextrina, aquelas que possuem baixa eficiência de complexação; β - Ciclodextrina, as que apresentam uma baixa solubilidade em água e uma alta eficiência de complexação; γ - Ciclodextrina, as que, apesar de possuírem alto custo, apresentam perfil toxicológico favorável; Hidroxipropil- β -Ciclodextrina, aquelas que compreendem uma solubilidade aquosa superior à solubilidade da β - Ciclodextrina, porém apresentam o custo muito elevado, se comparado com as dextrinas naturais (COUTO, 2010; ALVES, 2008).

A aplicação da ciclodextrina ao fármaco proporciona maior solubilidade aquosa e biodisponibilidade de fármacos, maior estabilidade química e física de fármacos e maior distribuição do fármaco através de membranas biológicas. Por meio de seu uso, é possível que ocorra a transformação de compostos líquidos em formas cristalinas sólidas (COUTO, 2010).

Sua grande utilidade e busca na indústria de farmacêutica é devido à capacidade de prevenir a interação entre fármacos e fármacos/excipientes, diminuir a irritabilidade gástrica, ocular ou dérmica, causada por efeitos colaterais de alguns medicamentos, e reduzir odores, sabores desagradáveis e volatilidade em algumas substâncias (COUTO, 2010).

4.3.4 Nanomateriais de carbono

Os nanomateriais de carbono são agregados nanométricos de estrutura tubular, pertencentes à família dos fulerenos. Possuem grande volume e a superfície externa é modificável. Estudos propõem o uso de nanotubos de carbono como agentes bioativos e supressores de espécies reativas de oxigênio, como sistemas de veiculação de fármacos, agente de imagens e radioprotetores (TIELAS *et al.*, 2014; FILHO *et al.*, 2007; LAVALL *et al.*, 2010).

4.3.5 Nanopartículas no tratamento de câncer

O estudo relacionado a tratamentos para o câncer se tornou incessante durante anos. Segundo o Instituto Nacional do Câncer (INCA, 2019), o câncer é uma doença de incidência progressiva, em que as células do organismo aumentam desordenadamente, criando novas anormais, podendo, assim, se dispersar para outras partes do corpo, invadindo tecidos e órgãos sadios.

Estudos biomédicos no diagnóstico e tratamento do câncer envolvendo a nanotecnologia se fazem necessários com o intuito de criar alternativas à medicina tradicional, devido à grande necessidade de se combater o tumor sem comprometer tecidos e órgãos sadios (FREITAS *et al.*, 2011).

As drogas quimioterápicas são tóxicas para células cancerosas e apresentam baixa especificidade e elevada toxicidade, afetando então as células saudáveis. No tratamento, após a administração, o medicamento atinge a circulação sistêmica e necessitam ser direcionadas ao vetor, ou seja, para as células cancerígenas (VIEIRA *et al.*, 2016).

O tumor oferece uma alta vascularização, permeabilidade dos capilares e uma maior captação de partículas, isto é o direcionamento ocorre naturalmente. Para aumentar o direcionamento das partículas, são ligados a elas compostos para atuarem como receptores, fazendo com que os nanomateriais cheguem ao local onde se fazem necessários com maior efetividade (VIEIRA *et al.*, 2016).

As nanopartículas mais utilizadas como carreadores no tratamento tumoral são de óxido de ferro, ouro, poliméricas, lipossomos, micelas, fulerenos, nanotubos de carbono, grafeno, dendrímeros, *quantum dots*, nanodiamantes, dentre outras (VIEIRA *et al.*, 2016).

REFERÊNCIAS

ALVES, G. P.; MARTINS, F.; SANTANA, M. H. A. **Nanotecnologia aplicada ao desenvolvimento de produtos farmacêuticos**. *Fármacos & Medicamentos*. São Paulo, ano 9, p. 44-50, 2008.

BATISTA, C. M.; CARVALHO, C. M. B. de; MAGALHÃES, N. S. S. **Lipossomas e suas aplicações terapêuticas: Estado da Arte**. *Rev. Bras. Cienc. Farm.* [online]. 2007, vol.43, n.2, pp.167-179. ISSN 1516-9332.

BRASIL., Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. **Cartilha sobre nanotecnologia**. 2.ed.

Brasília: ABDI, 2010. 58 p., il. color. Disponível em: <<http://livroaberto.ibict.br/handle/1/572>>. Acesso em: 15 de agosto de 2019.

COUTO, W. F. **Complexos de dendrímeros e ciclodextrinas com aplicação farmacêutica: síntese e caracterização**. 2010. Dissertação (Mestrado em Medicamentos e Cosméticos) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2010. doi:10.11606/D.60.2010.tde-23062010-221200. Acesso em: 07 de agosto de 2019.

FILHO, A. G. S; FAGAN, S.B. **Funcionalização de nanotubos de carbono**. Química Nova, Vol. 30, No. 7, 1695-1703, 2007.

FREITAS, F.J; LIMA, A.A; ARÇARI, D.P. **Nanotecnologia empregada no tratamento do câncer**. Disponível em: http://portal.unisepe.com.br/unifia/wp-content/uploads/sites/10001/2018/06/12trat_cancer.pdf. Acesso em: 15 de agosto de 2019.

GAUI, R. **Modelagem matemática e computacional de sistemas de liberação controlada de fármacos baseado em nanoestruturas**. São Paulo, 2016. 123p. Dissertação (Mestrado em processos industriais) - Instituto de pesquisas tecnológicas do estado de São Paulo. Área de concentração: Desenvolvimento e otimização de processos industriais. Acesso em: 15 de agosto de 2019.

INCA. INSTITUTO NACIONAL DO CÂNCER. José Alencar Gomes da Silva. Disponível em <http://www.inca.gov.br/conteudo_view.asp?id=322>. Acesso em: 04 de agosto de 2019.

LAVALL, R.L; SALES, J.A; BORGES, R.S; CALADO, H.D.R; MACHADO, J.C; WINDMOLLER, D; SILVA, G.G; LACERDA, R.G; LADEIRA, L.O. **Nanocompósitos de poliuretana termoplástica e nanotubos de carbono de paredes múltiplas para dissipação eletrostática**. Química Nova, Vol. 33, No. 1, S1-S2, 2010.

PASCHOALINO, M. P; MARCONE, G. P.S; JARDIM, W. F. **Os nanomateriais e a questão ambiental**. Instituto de química, Universidade Estadual de Campinas. Química Nova, Vol. 33, No. 2, p. 421-430, 2010.

POHLMANN, ADRIANA R.; DIMER, FRANTIESCOLI A.; FRIEDRICH, ROSSANA B.; BECK, RUY C. R.; GUTERRES, SÍLVIA S. **Impactos da nanotecnologia na saúde: produção de medicamentos**. Química Nova, v. 36, n. 10, p.1520-1526, 2013.

RAMOS, B. G. Z; PASA, T. B. C. **O desenvolvimento da nanotecnologia: Cenário mundial e nacional de investimentos**. Revista Brasileira de Farmácia, Vol. 89, No. 2, p. 95-101, 2008.

SCHAFFAZICK, S. R; GUTERRES, S. S; FREITAS, L. L; POHLMANN, A. R. **Caracterização e estabilidade físico- química de sistemas poliméricos nanoparticulados para administração de fármacos**. *Quím. Nova* [online], vol. 26, n. 5, p.726-737, 2003. ISSN 0100-4042.

SOUTO, E. B.; SEVERINO, P; SANTANA, M. H. **A Preparação de nanopartículas poliméricas a partir da polimerização de monômeros: parte I. Polímeros**, São Carlos, v. 22, n. 1, p. 96-100, 2012. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-14282012000100016&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em 15 abr. 2018. Epub 09-Fev- 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-14282012005000006>.

TIELAS, A; GABRIEL, B; SANTOS, C.S.C.; GARCIA, D; ALCORTA, J; BLANCHY, M; BLANCO, M; MENES, O; SANTIAGO GÁLVEZ, V. N, **"Nanomaterials - Guide for the SUDOIE space industry"/"Nanomateriais - Guia para o espaço industrial SUDOIE"**. 2014. E-book em Inglês (ISBN 978-989- 99250-2-1), E-book em Português (ISBN 978-989-99250-1-4), Livro em papel em Português (ISBN 978-989-99250-0-7).

VIEIRA, D. B; GAMARRA, L. F. **Avanços na utilização de nanocarreadores no tratamento e no diagnóstico de câncer**. Einstein, Vol. 14, No. 1, p. 99-103, 2016. Disponível em:< <http://www.scielo>.

br/pdf/eins/v14n1/pt_1679-4508-eins-14-1-0099.pdf>. Acesso em: 15 de agosto de 2019.

Zarbin, A. J. G. **Química de (nano)materiais**. Departamento de Química, Universidade Federal do Paraná. Química Nova, Vol.30, No. 6, p.1469- 1479, 2007.

ÍNDICE REMISSIVO

SÍMBOLOS

β -ciclodextrina 99, 100, 101, 104

A

Adsorção 14, 75, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 103, 104, 106, 109

Adsorvente 75, 80, 82, 83, 85, 86, 87, 88, 90, 93, 95, 97, 131

ATR 106, 107

B

Bagaço de cana 85, 86, 87, 88, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97

Bagasse 49, 51, 60, 86, 98

Biomassa 36, 38, 39, 42, 43, 45, 46, 47, 48, 68, 71, 75, 78

C

Carvão ativado 75, 78, 85, 87, 88, 91, 92, 93, 94, 96, 97, 98

Cinética 5, 85, 87, 89, 94, 97, 100, 101, 102, 103, 104, 130

Cogeneration 49

Collection 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60

Compostos de interesse 39, 62

Corantes 62, 67, 69, 70, 71, 75, 76, 77, 86, 87, 92, 93, 94, 98, 100, 102, 104

Couro wetblue 85, 87, 88, 91, 92, 93, 94, 95, 97

D

Dióxido de titânio 11, 13, 18, 109

DRX 106, 107, 123, 125, 126

E

Efficiency 2, 12, 32, 34, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 73, 76, 86

F

Fármacos de liberação controlada 1

Fotocatálise heterogênea 11, 13, 20

G

Glicerol 36, 39, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47

Grafeno 3, 8, 14, 106, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115

H

Hammers modificado 106

I

Irradiação solar 11, 15

Isotermas 75, 79, 80, 81, 83, 85, 87, 90, 95, 96, 97, 103

M

Maximização de entropia 36, 39, 40, 42

Mercado de óleos essenciais 22, 24

Microencapsulação 22, 23, 25, 27, 28, 31, 32

N

Nanopartículas 1, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 26

Nanotecnologia 1, 2, 3, 4, 5, 8, 9

P

Particulate material 49, 50, 52, 55, 57

Poliamida 99, 100, 101, 104

Purificação 62, 63, 66, 67, 68, 69, 71, 74, 79

R

Raman 106, 107, 113, 114

Recuperação 62, 70

S

SCWG 36, 37, 39, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47

Síntese hidrotérmica 120, 125

Sistemas aquosos bifásicos 62, 63, 69, 70, 71

Sodalita 118, 119, 120, 121, 125, 126, 127, 128, 129

Spray drying 22, 23, 28, 29, 30, 31, 32, 34, 35

T

Tingimento têxtil 99, 105

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-747-5

