

# PREFÁCIO

Recebi o convite para prefaciar este livro como uma grande honra e reconhecimento. De antemão parablenizo os editores e os autores dos capítulos deste livro. Escrever um livro sobre esse assunto é um grande desafio, haja vista o imenso número de publicações, patentes e produtos poliméricos que já existem no mercado usando a nanotecnologia. O livro será uma importante ferramenta de consulta, pois os materiais poliméricos são a classe de materiais que mais se beneficia da nanociência a nível de mercado e de tecnologia. O livro tem características importantes do ponto de vista didático; a profusão de exemplos em todos os temas, a proposta de questões e exercícios relacionados ao tema de cada capítulo e a apresentação de aplicações desses materiais em todos os capítulos. Embora seja difícil localizar no tempo os primeiros trabalhos dessa área, pois muitos pesquisadores já abordavam a nanotecnologia antes mesmo desse termo ter sido cunhado, no primeiro capítulo temos uma breve história do que se convencionou chamar “nanociência”. Eu mesmo, trabalhei em 1983 com nanocompósitos de polímeros condutores, preparados por eletrodeposição, sem perceber que estava fazendo nanociência.

Os nanocompósitos poliméricos abrangem um mercado muito vasto: materiais esportivos, automotivo, embalagens, eletrônica, aeroespacial, construção civil, energia e defesa etc. Provavelmente, a aplicação em que a nanotecnologia em polímeros fica mais evidente é a de materiais esportivos de alto desempenho. Por exemplo, os quadros de bicicletas de competição usam desde 2010 o reforço de nanotubos de carbono, em sua estrutura de termofixo reforçado com fibras de carbono. Os pneus também são reforçados com grafeno desde o seu lançamento no Giro d’Italia de 2017. Devido a essa vasta gama de aplicações, é difícil estimar com precisão o tamanho do seu mercado mundial. Por exemplo, as pressões ambientais para redução das emissões, tanto dos veículos de superfície como das aeronaves, levam a uma busca constante de redução de peso. Essa redução de peso é atingida substituindo gradual-

mente os materiais tradicionais pelos nanocompósitos poliméricos. Essa substituição depende do desenvolvimento de novas tecnologias e da relação custo/benefício atingida. Há diversas publicações sobre as estimativas desse mercado; um trabalho muito detalhado sobre o mercado mundial de nanocompósitos poliméricos, que pode ser adquirido, é o *Global Polymer Nanocomposites Market-2014-2022* (Shiv Shukla et al., Allied Market Research, 2016). Esses autores avaliam o mercado mundial de 2014 a 2022, segmentado em: grafeno, nanotubos de carbono, nanoargilas, óxidos metálicos, cerâmicas e outros. Aparentemente, o grafeno passou a ter importância no mercado mundial depois de 2015. Praticamente todas as grandes empresas da área de produtos poliméricos investem no desenvolvimento desses materiais. O mercado e as áreas de aplicação desses materiais são extremamente vastas e em contínuo crescimento. O desafio que permanecerá para o futuro recente será conciliar o uso dos nanocompósitos poliméricos com as questões de impacto ambiental: como descartar, como reciclar, como reutilizar e como evitar o impacto desses materiais no meio ambiente?

Este livro está dividido em 15 capítulos com diferentes abordagens do tema. Os dois primeiros são introdutórios ao assunto do livro. O primeiro fornece uma excelente introdução a nanotecnologia explicando de forma didática o que é a dimensão nano, como se classificam os materiais nano em relação às dimensões, algumas técnicas de caracterização e aplicações atuais da nanotecnologia em polímeros. Para enfatizar o caráter didático desse capítulo, os autores propõem alguns exercícios e fornecem uma vasta lista de referências. O segundo capítulo fornece ao leitor uma introdução muito didática aos materiais poliméricos. Aqui também temos uma excelente descrição do processo científico da “descoberta” das macromoléculas por H. Staundiger. Esse Capítulo 2 aborda um ponto importante, que é a questão do meio ambiente relacionada aos polímeros. Julguei muito adequada e didática a inserção de uma espécie de glossário de significados de termos da área dos polímeros. Esse glossário e a discussão das propriedades químicas e físicas dos polímeros em geral dá ao leitor as informações necessárias para compreender os demais capítulos do livro.

No Capítulo 3 são abordados os biopolímeros sob a óptica da nanociência. Dentro dessa classe de materiais é dada ênfase especial às nanofibras, membranas, hidrogéis e *whiskers*. Aqui devo ressaltar a abordagem da impressão 3D usando biopolímeros para produzir artefatos biocompatíveis, como *scaffolds* por exemplo. Também aborda as nanofibras de biopolímeros obtidas por eletrofiação, que serão mais bem descritas no Capítulo 6, e os *whiskers* usados como nanoreforço para polímeros.

Os nanocompósitos poliméricos são abordados em detalhes no Capítulo 4. Discute a preparação, propriedades, aplicações e métodos de caracterização dos nanocompósitos. A correlação entre os métodos de caracterização e a aplicação final é um aspecto importante abordado nesse capítulo. Cada aplicação específica requer um levantamento também específico das propriedades do material. Sistemas coloidais com fases dispersas de dimensões nanométricas, conhecidas como nanoemulsões, são o assunto do Capítulo 5. Os métodos de desestabilização, estabilização, preparação das *nanoemulsões* são muito bem discutidos. São descritas as aplicações em diversas áreas da tecnologia de alimentos, fármacos e cosméticos.

O método de eletrofiação de nanofibras poliméricas é explorado no Capítulo 6, de forma bem detalhada e didática, em comparação com os métodos de fiação convencionais. Em seguida se discute a funcionalização dessas nanofibras eletrofiadas visando as diversas aplicações que são abordadas logo em sequência. O Capítulo 7 se dedica às membranas poliméricas, que são absolutamente indispensáveis no atual contexto econômico por permitirem considerável economia de energia e outros insumos em escala industrial. No contexto social, por permitir a remediação de danos ambientais. Esses pontos são muito bem abordados nesse capítulo discutindo os processos de transporte, os métodos de preparação e aplicações.

Os Capítulos 8, 9, 10, 11 e 12 se dedicam aos filmes nanoestruturados preparados por diversas técnicas; filmes automontados produzidos pela técnica de *layer by layer*, filmes por *drop-casting* e *dip-coating*, filmes por *spin-coating*, técnicas *roll-to-roll*, Langmuir e Langmuir-Blodgett. Todos esses capítulos discutem com profundidade as técnicas de preparação e caracterização desses filmes e mostram a profusão de áreas de aplicação deles. Essa variedade de técnicas é uma demonstração clara da expansão dessa área nas últimas décadas.

No Capítulo 13, os autores apresentam uma técnica de processamento pouco conhecida e difundida, porém com muito potencial tecnológico; o processamento de polímeros com laser de pulsos ultracurtos. É uma técnica que tem despertado atenção devido à alta precisão para produzir estruturas com seletividade espacial volumétrica, ou seja, estruturas tridimensionais microscópicas. São apresentados os princípios básicos da técnica, os setups experimentais e as suas aplicações tecnológicas.

Os métodos de obtenção de compósitos poliméricos usando a técnica do sol-gel são discutidos com detalhes no Capítulo 14. O capítulo começa com uma definição do método sol-gel e continua com as metodologias usadas nessa técnica. Em seguida descreve os nanocompósitos obtidos por esse método e as técnicas para a sua caracterização. É um excelente texto para aprender sobre a síntese e caracterização de nanocompósitos sol-gel.

O último capítulo procura dar ao leitor do livro as ferramentas para a caracterização de polímeros. Aborda os ensaios por métodos ópticos, espectroscópicos, térmicos e mecânicos. Em seguida discorre sobre métodos de caracterização mais usados para nanocompósitos poliméricos, tais como: caracterização de superfícies, grau de cristalinidade por difração de raios-X e morfologia por microscopias eletrônicas de varredura e de transmissão. Para quem não está habituado a essas técnicas, é importante observar a discussão sobre a preparação da amostra para as diferentes técnicas.

Finalmente, gostaria de enfatizar que este livro poderá ser aproveitado pelo leitor de duas maneiras: de forma integral ou selecionando os capítulos que mais se aplicam a sua área específica de pesquisas. Em ambos os casos, há uma vasta coleção de referências e exercícios que podem ser usados para testar o conhecimento adquirido na leitura dos capítulos.

**Prof. Dr. Marco-Aurelio De Paoli**

**Presidente da Associação Brasileira de Polímeros (ABPol)**