

Redação selecionada e publicada pela Olimpíada de Química – OQSP-2020

http://allchemistry.iq.usp.br/oqsp/OQSP-2020-2-Nanoquimica-Paulo_Sturion

Autor: **Paulo Ricardo Sturion**

Prof: Cleiton dos Santos Mattos

Colégio Piracicabano, Piracicaba, SP

Nanoquímica como o avanço da ciência e tecnologia

Introdução

Desde que nos entendemos por humanidade, as ciências das mais diversas áreas nunca pararam de se desenvolver, de descobrir, e de avançar o nosso entendimento sobre o universo em geral. Quando pensamos estar no ápice do desenvolvimento científico e tecnológico, algo completamente novo e surpreendente é descoberto e revoluciona a maneira como pensamos ou fazemos as coisas, e isso não é diferente na química.

Recentemente uma nova área da ciência vem emergindo na comunidade científica e seus resultados atingindo cada vez mais a sociedade em geral: a nanociência. Trata-se basicamente do entendimento e manipulação da matéria em escalas nanométricas, isto é, a bilionésima parte do metro, ou seja, 1×10^{-9} m. O grande ponto desta nova área na ciência é que, assim como ocorre na formação de compósitos, em que a interação de dois materiais ao serem juntados em um único gera propriedades físicas e químicas completamente novas àquele material, os nanomateriais também têm suas propriedades alteradas, mas desta vez em função do formato e tamanho nanométrico das partículas que os compõem.¹

Geralmente, materiais de partículas na casa de algumas dezenas de nanômetros, dependendo de seu formato e composição química, já começam a apresentar suas propriedades alteradas, tais como condutividade térmica e elétrica, mecânica, magnetismo, solubilidade, calor específico, potencial como catalisador, dentre diversas outras que, talvez, não foram sequer descobertas. Com todas essas características, é incontestável o imenso potencial de utilização dos nanomateriais nas indústrias das mais diversas áreas, e também a importância da nanociência daqui em diante para a realização de novas pesquisas e avanço científico e tecnológico da humanidade.¹

Pode-se dizer que uma das primeiras constatações dos efeitos das nanopartículas foi feita pelo físico irlandês John Tyndall ao observar o trajeto formado pela luz que entrava por uma fresta na janela de uma sala cheia de poeira ou fumo. Com essa observação, o físico concluiu que, ao atravessar um meio com dispersão de partículas coloidais, definidas por partículas com tamanho entre 1 e 1000 nanômetros, há um espalhamento da luz em seu trajeto, e, mais tarde, esse efeito foi batizado de efeito Tyndall. O efeito acontece justamente porque as partículas em suspensão são pequenas o suficiente para não barrar a luz totalmente, mas também não chegam a formar uma solução verdadeira. Assim, as partículas, ao ser expostas a um feixe de luz, espalham a radiação dentro da trajetória do feixe.^{2, 3}

Visto o potencial das nanopartículas e nanomateriais, o primeiro desafio para a aplicação destes na indústria é sua fabricação, ou melhor, uma fabricação barata, fácil, viável e vantajosa para a indústria em produção de larga escala. É principalmente aqui que a nanoquímica entra, no estudo de, por exemplo, reações para a produção de nanomateriais como produto, ou então o próprio efeito dos nanomateriais em reações que possam facilitar de alguma forma os meios de produção industriais. Um exemplo clássico são os CNTs (nanotubos de carbono), material com extremo potencial para utilização industrial, seja pela sua excelente resistência mecânica, ou por sua condutividade elétrica e térmica⁴. Alguns métodos já conhecidos de altas temperaturas, como o CVD (deposição química por vapor), em que há uma deposição de um filme fino sólido em uma superfície aquecida a partir de uma reação entre reagentes em fase de vapor, já são realizados para produção dos nanotubos⁵.

Outro tópico a ser tratado é a associação da química e os nanomateriais com o reaproveitamento de subprodutos que são considerados resíduos e seriam descartados. Uma pesquisa realizada em 2017⁶ estudou o desenvolvimento de micro e nanossistemas a partir de subprodutos florestais, agropecuários e industriais. Além de criar produtos novos e úteis, este processo evita a contaminação do ambiente. Relembrem-se, inclusive, os recentes casos de rompimento de barragens de rejeitos (subprodutos) industriais aqui no Brasil e as graves consequências que isso trouxe à natureza e às pessoas próximas como em Mariana e Brumadinho. Se um trabalho científico tivesse sido executado para o aproveitamento destes rejeitos a partir da análise e

seleção de moléculas úteis, inclusive para o desenvolvimento de nanobiotecnologia, e não somente ter sido esquecido naquele local, talvez os acidentes poderiam ter sido evitados.

Uma notável tecnologia desenvolvida por esse tipo de pesquisa foram os sistemas de liberação controlada ou sustentada de ativos, formados por estruturas que podem armazenar substâncias necessárias, e empregados principalmente na medicina para o tratamento eficiente de doenças pelo direcionamento preciso do medicamento no local afetado pela enfermidade. A vantagem desse método é tida principalmente pela diminuição dos efeitos colaterais dos medicamentos usados em tratamentos, já que, com esse controle sobre a substância, esta não é liberada em outras partes sensíveis do corpo e que podem ser afetadas.⁶ Um exemplo claro para o uso dessa nova tecnologia é o tratamento do câncer por quimioterapia, um dos tratamentos com mais efeitos colaterais que abalam gravemente a pessoa tratada, seja a saúde e funcionamento do corpo ou emocionalmente.

Apesar de todas as vantagens citadas no texto e muitas outras, o desenvolvimento da nanociência, como toda grande inovação, também traz seus riscos e desvantagens. Pode haver novas corridas tecnológicas e armamentistas entre potências mundiais envolvendo a nanotecnologia, criação de armamentos químicos devastadores, desenvolvimento acelerado de um país nessa área que pode conseqüentemente dominar a economia mundial ou mesmo ter um domínio militar sobre o resto do mundo por essa superioridade tecnológica. Todos esses riscos políticos e econômicos envolvendo a nanociência, e que também envolvem qualquer grande inovação, já foram presenciados em outros momentos, mas também existem os riscos a longo prazo para o meio ambiente e para a própria saúde humana que sequer temos conhecimento. Muito ainda precisa ser estudado sobre os riscos da nanotecnologia nesses aspectos, mas diversas pesquisas já apontam alguns deles. Primeiramente com a poluição do solo e atmosfera por nanopartículas. Pelo seu tamanho, essas partículas podem facilmente contaminar esses ambientes, se misturar e atingir camadas profundas do solo e também serem levadas pelo vento com muita facilidade a qualquer lugar da atmosfera. O maior problema nisso é que os métodos convencionais antipoluição e de descontaminação não dão conta de combater essas novas partículas. O mesmo problema acontece com os organismos vivos, incluindo seres humanos. As nanopartículas podem ser capazes de contaminar os seres vivos, seja através do próprio consumo de alimento contaminado, pela aspiração, ou até mesmo pela penetração das partículas nas células dos organismos devido ao seu tamanho, podendo ser altamente tóxicas.

Experimento, resultados e discussão

Uma das grandes facetas da evolução na área da química foi justamente o aumento do conhecimento e da manipulação de partículas cada vez menores. Por isso, um experimento foi conduzido em uma suspensão⁷ e, posteriormente, foi discutido o avanço tecnológico, culminando em aplicações atuais com o emprego de nanopartículas, como, por exemplo, as microemulsões.

Cerca de 200 mL de leite integral foram colocados num prato raso e gotas de corantes alimentícios foram adicionadas na superfície, conforme Figura 1. Em seguida, a ponta de um palito de dentes foi imersa em detergente e, imediatamente, colocada em contato com a suspensão, conforme Figura 2.

Observa-se que o contato do detergente com o leite causa o afastamento do corante. A explicação para este fato permeia os seguintes fatores: o leite é uma mistura heterogênea composta principalmente por cerca de 3% de gordura e água; as moléculas de detergente são constituídas por uma longa “cauda” apolar e uma “cabeça” polar; as interações moleculares regem o processo.

O leite é uma suspensão e é importante explicar sua diferença em relação a um coloide e a uma solução. Suspensões são misturas heterogêneas e as partículas podem ser aglomerados de íons ou moléculas, como ocorre com a gordura no leite. Estas partículas apresentam diâmetro maior que 1000 nm e podem se sedimentar. Desta forma, são visíveis a olho nu e é por isso que o leite é branco.³



Figura 1 – Corantes gotejados em leite



Figura 2 – Palito de dentes com detergente em contato com o sistema mostrado na Figura 1

As partículas coloidais dispersas num meio, que formam os coloides ou suspensões coloidais, são menores, apresentando diâmetro entre 1 nm e 1000 nm. Nesse caso, a sedimentação só ocorre por ultracentrifugação e as partículas não são visíveis a olho nu, nem por meio de microscópio comum e, sim, somente por microscópio eletrônico.³

Já as soluções são misturas homogêneas. As partículas podem ser átomos, íons ou pequenas moléculas. Apresentam diâmetro menor que 1 nm e não sofrem a ação da gravidade. Assim não são visíveis com os equipamentos desenvolvidos até hoje.³

A gordura é apolar e a água polar, por isso “não se misturam”, ou melhor, não interagem quimicamente. Portanto, no leite, a gordura, que configura o aglomerado de moléculas, está em suspensão no líquido composto principalmente por água.

O detergente é um composto orgânico sintético, com estrutura e ação similares a de um sabão, apresentando uma longa cadeia carbônica com característica apolar (hidrofóbica) e uma ponta com característica polar (hidrófila), conforme a Figura 3. A diferença entre sabão e detergente é que a matéria-prima do sabão são os óleos ou gorduras e a do detergente o petróleo. Os sabões geralmente são artesanais, enquanto os detergentes são produzidos em escala industrial. Os sabões são biodegradáveis, enquanto somente alguns detergentes o são, como os que apresentam o grupo $\text{SO}_3^- \text{Na}^+$. Mas tanto os detergentes como os sabões diminuem a tensão superficial da água e são denominados surfactantes.³

Como as interações químicas ocorrem somente entre moléculas apolares ou somente entre moléculas polares, o que ocorre no experimento é a interação da parte hidrofóbica do detergente com a gordura e a interação da parte hidrófila com a água, causando a separação entre a água e a gordura, com moléculas de detergente no meio, formando o que se chama de micela, conforme Figura 4.

As ligações intermoleculares podem ser de três tipos:³

- Dipolo instantâneo-dipolo induzido, ou também chamada de Dispersão de London ou Van der Waals;
- Dipolo-dipolo, ou também chamada de dipolo permanente-dipolo permanente;
- Ponte de hidrogênio, ou também chamada de ligação de hidrogênio.

As interações de Van der Waals ocorrem entre moléculas apolares. Estas moléculas não apresentam cargas, porém, em um determinado instante pode ocorrer um acúmulo de elétrons em uma das extremidades, formando um dipolo na própria molécula, que induzirá a formação de um dipolo nas moléculas vizinhas, o que é suficiente para gerar atrações entre elas. Contudo, são interações extremamente fracas, portanto, sendo fáceis de serem rompidas.³

As interações do tipo dipolo-dipolo ocorrem entre moléculas polares, pela atração espontânea entre as cargas opostas.³

As interações do tipo ponte de hidrogênio também ocorrem entre moléculas polares, porém, numa condição específica, sendo o extremo das interações dipolo-dipolo. Neste fenômeno, um átomo de hidrogênio se liga a um dos três ametais mais eletronegativos da tabela periódica, ou seja, flúor, oxigênio ou nitrogênio.³

Os três tipos são ligações fracas em comparação com as ligações do tipo íons-dipolo, que ocorrem entre uma molécula polar e um cátion ou ânion, ou mesmo em comparação com as ligações entre substâncias iônicas. Mas dentre elas, possuem a seguinte ordem crescente de intensidade de interação: dipolo instantâneo-dipolo induzido < dipolo-dipolo < ponte de hidrogênio.³

No experimento realizado, os corantes interagem com a água e, por isso, quando o detergente é adicionado seu movimento segue a trajetória das extremidades. Se o palito for imerso em outra região ou arrastado, pode gerar um movimento de cores interessante ou mesmo a criação de desenhos. Mas o importante é que, atualmente, este conceito pode ser aplicado com o uso da nanotecnologia para fins proveitosos, como, por exemplo, para a orientação das moléculas de óleo, nas chamadas microemulsões.

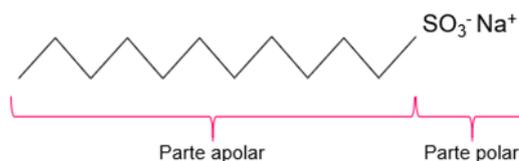


Figura 3 – Molécula de detergente⁸

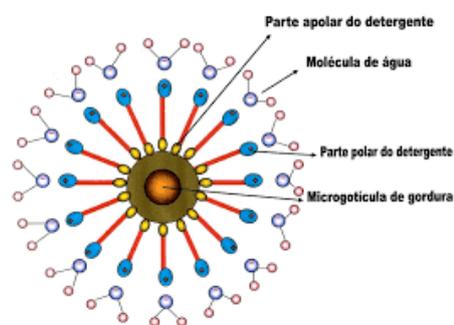


Figura 4 – Micela formada pela interação do detergente com água e gordura⁹

As microemulsões, por si só, apresentam incoerência no termo, pois os fenômenos ocorrem em escala nanométrica e não micrométrica. Mas entre as demais aplicações importantes, cita-se o estudo na extração de petróleo, baseada na baixa tensão interfacial e boa propriedade emoliente das microemulsões, que aumenta consideravelmente a mobilização das gotículas de óleo aprisionadas nos poros dos reservatórios.¹⁰

É importante mencionar que as emulsões fazem parte da classificação dos coloides. Os coloides podem ser: aerossóis (sólido ou líquido disperso em um gás); emulsões (líquido disperso em outro líquido); espuma (gás disperso em sólido ou líquido); sol (sólido disperso em líquido) e gel (líquido disperso em sólido).³

Microemulsões são sistemas constituídos por gotículas de tamanho nanométrico dispersas em uma fase contínua de um solvente imiscível com a fase dispersa. Elas são formadas por água, um solvente hidrofóbico que é chamado de “óleo”, um tensoativo e, frequentemente, também um co-tensoativo, sendo normalmente um álcool de cadeia média. “As microemulsões têm sido alvo de numerosos estudos durante as últimas décadas, principalmente devido ao seu elevado poder de solubilização. Em razão da baixa tensão interfacial entre as fases contínua e dispersa, há uma efetiva mistura das microfases água ou óleo com a fase dominante, tornando possível a dissolução de espécies apolares, polares e iônicas. Esta propriedade é similar à de soluções micelares, porém, a capacidade de solubilização simultânea de substâncias hidrofóbicas e hidrofílicas das microemulsões é muito maior do que a das micelas”. Em razão de suas propriedades especiais, aliadas à preocupação em preservar o meio ambiente, como alternativas para o uso de solventes orgânicos, suas aplicações têm aumentado consideravelmente. Estudos revelam potencialidades de aplicações tecnológicas de microemulsões na área de alimentos, destacando-se: promoção da mistura de compostos imiscíveis, aumento da estabilidade de nutrientes e de compostos biologicamente ativos, aumento da eficiência de conservantes e otimização de métodos analíticos.¹⁰

Conclusão

Com todos os fatos apresentados, pode-se dizer que o próximo passo na ciência já está sendo dado. A nanoquímica, e a nanociência em geral, é um dos aspectos que está revolucionando os avanços científicos e tecnológicos na humanidade. Diversas descobertas e aplicações são feitas a todo momento envolvendo nanociência e têm grande potencial para mudar o modo como o mundo funciona. O experimento realizado, cujos conceitos fornecem base para o entendimento das microemulsões, evidencia como a aplicação de substâncias em escala nanométrica pode ser ampla e beneficiar imensuráveis setores. A humanidade precisa continuar se aprofundando em novas pesquisas nessa área, mas sem nunca deixar de considerar os riscos que tais substâncias podem trazer. Assim um grande passo será dado para uma nova revolução científica, industrial e tecnológica na sociedade mundial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CAMPOS, C.E.M. *Estudo de Propriedades Físicas de Nanomateriais Produzidos Por Síntese Mecânica*. Santa Catarina: Universidade Federal, 2005. 206 p.
2. WIKIPÉDIA. *Efeito Tyndall*. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Efeito_Tyndall>. Acesso em: 16 nov. 2019.
3. USBERCO, J.; SALVADOR, E. *Conecte Química*, Volume Único, 1.ed. São Paulo: Saraiva, 2014. (Coleção Conecte).
4. FOGAÇA, J.R.V. *Nanotubos de carbono; Brasil Escola*. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/quimica/nanotubos-carbono.htm>>. Acesso em: 16 nov. 2019.
5. WIKIPÉDIA. *Deposição Química Em Fase Vapor*. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Deposi%C3%A7%C3%A3o_qu%C3%ADmica_em_fase_vapor>. Acesso em: 16 nov. 2019.
6. CANAL CIÊNCIA. *Produção de Nanomateriais a Partir de Subprodutos*. Disponível em: <<http://www.canalciencia.ibict.br/ciencia-em-sintese1/ciencias-exatas-e-da-terra/339-producao-de-nanomateriais-a-partir-de-subprodutos>>. Acesso em: 16 nov. 2019.
7. MATEUS, A.L.; THENÓRIO, I. *50 Experimentos Para Fazer Em Casa*. 1.ed. Rio de Janeiro: Sextante, 2014.
8. NAHRA, S. *Reações Orgânicas: Esterificação, Hidrólise, Condensação Amídica, Transesterificação e Saponificação; QueroBolsa*. Disponível em: <<https://querobolsa.com.br/enem/quimica/reacoes->

organicas-esterificacao-hidrolise-condensacao-amidica-transesterificacao-e-saponificacao>. Acesso em: 18 nov. 2019.

9. QUÍMICA NO COTIDIANO. *Ação do Sabão Sobre as Sujeiras*, 2017. Disponível em: <<http://anaazevedo7.blogspot.com/2017/01/acao-do-sabao-sobre-as-sujeiras.html>>. Acesso em: 18 nov. 2019.
10. SILVA, J.D.F.; SILVA, Y.P; PIATNICKI, C.M.S; BOCKEL, W.J; MENDONÇA, C.R.B. *Microemulsões: componentes, características, potencialidades em química de alimentos e outras aplicações*, Quim. Nova, Vol. 38, n. 9, p. 1196-1206, 2015.