

CADERNO DE QUÍMICA VERDE

Ano 5 - Nº 16 - 1º trimestre de 2020

Neste Caderno

14-2

Editorial

14-3



Olimpíadas
Indicam o
Caminho

14-6

Desafios da Química
e Engenharia para
a Sustentabilidade

14-8

Processos
Mecanoquímicos
para a Obtenção de
Novos Materiais

14-16

QUÍMICA VERDE

Cápsulas

Metabólitos Revelam suas
Preferências e Hábitos

Cancelamento de Reunião da ACS
frustra Divulgação de Experimentos
sobre Sustentabilidade

Editorial

Covid-19!

O mundo tomou conhecimento do que significam estas palavras muito depressa, mas só agora começa a entender os seus efeitos! Por enquanto, as únicas boas notícias são que, em alguns países, o número de casos novos é menor do que aqueles que foram sanados enquanto outros países descobriram maneiras de minimizar seus efeitos. Assim ainda há grande expectativa sobre até que ponto as suas consequências serão tão devastadoras quanto das anteriores (como as mais recentes ou as que causaram milhões de óbitos no início do século passado).

Enquanto a sociedade procura se defender como pode e o poder público estuda e testa novas medidas, especula-se sobre seus efeitos. Como a busca da sustentabilidade vai ser afetada? A queda na economia e nas cotações do petróleo terão um impacto favorável ou não? Fora a previsível queda de preços nos combustíveis e matérias-primas tudo ainda permanece no campo muito especulativo (ver Caderno 15, p.22-12).

Em termos dos caminhos para a sustentabilidade, por enquanto não há indicações de grandes mudanças nas ações a curto e médio prazos. Em nosso país, para a química e engenharia, as principais questões referentes à sustentabilidade estão nas matérias-primas renováveis, muitas das quais já estão sendo identificadas e investigadas, (veja matéria sobre Desafios). A revisão dos trabalhos da Escola Brasileira de Química Verde (EBQV) continua, portanto, seguindo o seu caminho inclusive a sua discussão no próximo Encontro da EBQV, previsto para meados de julho deste ano.

O que aumentou consideravelmente é a urgência de acompanhar o estado da arte de novas aplicações de reações químicas a processos sustentáveis e empregá-las no desenvolvimento de tecnologias de interesse da indústria nacional. Para tanto é necessário atrair jovens para a química e engenharia, assim como preparar equipes capacitadas e proporcioná-las as condições para o trabalho avançado. Perdeu-se uma excelente oportunidade de divulgar seus resultados e fazer contatos com grupos que atuam na fronteira do conhecimento com o cancelamento, devido às ameaças do coronavírus, da Reunião da American Chemical Society (ACS) deste mês (veja Cápsulas). A ACS assegura que a próxima será realizada normalmente e reprogramou todas as atividades previstas.

Atrair jovens e descobrir vocações vem ganhando um precioso apoio das Olimpíadas de Química (veja Olimpíadas indicam os Caminhos). Os depoimentos de dois jovens que participaram e hoje estão prontos para contribuir oferecem um testemunho eloquente do seu potencial. Levá-los a entenderem a importância de, além de adquirir conhecimentos, divulgar a sua importância e incentivar seus colegas a participar destes trabalhos parece estar ficando cada vez mais atraente.

A parte bem mais difícil, especialmente numa conjuntura como a presente, é proporcionar a estes jovens as oportunidades para desenvolver as suas potencialidades. Felizmente é cada vez maior o número de empresas que entendem a necessidade de competir, mesmo em situações adversas, desde que descubram parceiros à altura.

Temos a satisfação de registrar que o meio acadêmico já reconhece plenamente estas necessidades e que não falta apoio de empresários às iniciativas programadas.

Peter Seidl
Editor



Olimpíadas Indicam o Caminho

A escola é sem dúvida a principal responsável pela apropriação do conhecimento. Várias abordagens, estratégias e atividades práticas de ensino vem sendo elaboradas para introduzir os conceitos multidisciplinares da Química Verde no ensino técnico e acadêmico. Projetos educacionais como feiras, eventos acadêmicos e o próprio Caderno de Química Verde surgiram de um conceito de cultura mais ampliado. Tal conceito abrange questões relacionadas com cidadania, sustentabilidade, preservação ambiental, melhora da qualidade de vida e o patrimônio cultural e tecnológico nacional (Caderno Nº 4, pp. 10-16).

Para que haja uma efetiva incorporação destes conceitos no ensino é necessária uma aproximação com as escolas e seus professores. No caso do ensino da Química os principais vetores para a introdução de mudanças foram identificados como o ENEM (Exame Nacional do Ensino Médio) e a OBQ (Olimpíada Brasileira de Química). Com relação ao ENEM, já existem vários colegas que realizam um trabalho sistemático e contínuo neste sentido junto a órgãos governamentais, portanto a abordagem do assunto pelo Caderno é baseado em consultas a Sergio Melo, idealizador e principal responsável pelas Olimpíadas. Trechos relevantes de seu Depoimento (Caderno Nº 11, pp 3-6) seguem abaixo.

As olimpíadas científicas no Brasil tiveram início em São Paulo, em 1977. A primeira, de matemática, foi idealizada por Shiguo Watanabe, do Instituto de Física da USP, na época Diretor Executivo da Academia de Ciências do Estado de São Paulo. As primeiras de Química do Estado de São Paulo foram organizadas por Reiko Isuyama, do Instituto de Química da USP, de 1986 até 1989. Em 1991, no Ceará, este tipo de atividade encontrou campo fértil onde, por iniciativa de um grupo de

professores do Departamento de Química Orgânica e Inorgânica da UFC, os resultados foram apresentados em encontros científicos do Nordeste alcançando grande receptividade. A partir de 1995, foi criada a Olimpíada Norte/Nordeste de Química, embrião do certame nacional iniciado em 1996.

O seu enorme sucesso levou à ampliação do projeto para outras regiões brasileiras e à criação, no ano seguinte, da I Olimpíada Brasileira de Química. Serviu também para selecionar a equipe que participou da II Olimpíada Ibero-americana de Química, realizada no México onde dois brasileiros foram agraciados com medalhas de bronze.

Quatro anos depois o Brasil estreava na *International Chemistry Olympiad*, realizada em 1999 na Tailândia. Nas primeiras participações internacionais, os brasileiros eram meros coadjuvantes, situação bem distinta da atual onde é, há mais de uma década, expressão máxima na olimpíada Ibero-americana de Química. Na *International Chemistry Olympiad*, em 2018, com quatro estudantes conquistando medalhas, o Brasil ficou na 12ª. colocação entre os oitenta países participantes do certame, à frente de países europeus muito melhor avaliados em comparações internacionais, como Alemanha, França, Finlândia, Itália e outros. Assim observa-se um contraste visível entre o desempenho de nossos alunos de Química e avaliações recentes sobre o ensino de ciências no país. Entretanto, nem tudo são flores! Os estudantes que mais se destacam no processo seletivo da OBQ, de modo geral, buscam ingressar em universidades americanas nas quais, em suas “avaliações holísticas”, é atribuído peso significativo as medalhas em olimpíadas científicas. Desse modo, muitos dos ex-olímpicos estão hoje em prestigiadas universidades do exterior.



Isso não significa que todo o esforço e investimento foi perdido, pois muitos deles continuam ativos ou se formaram em cursos de química de universidades brasileiras. Já é possível nomear ex-olímpicos de química que percorreram todo esse caminho e, como docentes universitários, compõem atualmente o grupo de coordenadores estaduais do projeto das Olimpíadas.

Convidamos aqueles que se preocupam com o futuro da nossa Química Verde em particular e nossa indústria de processos químicos em geral a uma reflexão sobre os Depoimentos dos vencedores.

Nesta edição do Caderno publicamos o depoimento de Raul Bruno Machado da Silva e Ligia Oliveira Toscano de Melo, premiados em várias edições das Olimpíadas, inclusive a nível mundial. O texto foi adaptado dos Anais da OBQ de 2019.

Depoimento de Raul Bruno

Eu cresci na periferia de uma das cidades mais desiguais e violentas do planeta. Ser jovem e negro em Fortaleza, no Ceará, normalmente costuma ser uma combinação explosiva e um motivo para que alguém apareça estampado nas páginas dos jornais. É fácil perceber que eu poderia ter me tornado uma estatística trivial numa dessas páginas. Entretanto foi exatamente numa delas que

o destino me levou a aparecer. Felizmente não foi pelos motivos que tudo parecia me empurrar.

Era o ano de 2008. Morava em Fortaleza ainda sob aquele contexto e lembro da eternidade que foi aguardar o carregamento online do resultado da recém criada Olimpíada Brasileira de Química Junior. Com a mesma intensidade, recordo-me da profusa alegria que veio logo em seguida ao ver meu nome no topo dos medalhistas do OBQ-Jr listados. A minha carreira olímpica nascia ali, junto com a concepção do 1º OBQ-Jr, em que obtinha o primeiro lugar geral e um passe para o que viria ser uma experiência profundamente transformadora da minha vida.

As Olimpíadas de Química dos quais participei nos anos seguintes viriam a satisfazer muito da minha grande vontade de apreender e da minha curiosidade científica.

Mais do que aprofundamento científico, as Olimpíadas me trouxeram a possibilidade de forjar amizades e interagir com meus professores numa relação que transpunha aquela tradicional em sala de aula. Só em ter participado de fases estaduais e regionais já teria sido, por si só, uma experiência que marcaria permanentemente minha passagem pelo ensino médio, contudo o meu mundo virou do avesso literalmente quando fui selecionado para compor a delegação brasileira na 42ª International Chemistry Olympiad (IChO), em Tóquio, no Japão.

Nesse evento, as amizades com outros jovens entusiastas pela química de todas as partes do mundo, e o fato de ter recebido minha medalha de bronze das mãos de um Prêmio Nobel, Riōji Noyori, cimentaram a minha certeza que eu deveria investir com força total na área de química.

Quando regresssei ao Brasil, estava motivado, mais do que nunca, e continuei a estudar muito, tanto é que viria a participar de mais duas olimpíadas ibero-americanas nas quais consegui sucessivamente as medalhas de ouro de primeiro lugar geral, e participar do IChO do ano seguinte na Turquia.

Passado o período olímpico durante meu ensino médio, optei por ingressar no curso de Bacharelado em Química numa das mais dinâmicas e inovadoras universidades do país, a Unicamp.

Ao ingressar no ensino superior em 2012 fui acometido por um mal: a sensação de abstenção olímpica.

A falta de desafios me levou a inverter os papéis e tornar-me um dos colaboradores do Torneio Virtual de Química.

Recebi durante meu terceiro ano de graduação uma bolsa de estudos do Governo Francês para um sanduíche na École Nationale Supérieure de Chemie de Paris, a melhor instituição de Engenharia Química da França. Todas estas experiências me catapultaram para vida adulta e sedimentaram de vez a ideia de que deveria seguir uma carreira acadêmica.

Na virada de 2019 para 2020 segui para o doutorado no Instituto de Tecnologia Química da Universidade Politécnica de Valência, na Espanha, na área de catálise e valorização de recursos energéticos renováveis.

Busco dessa forma investir em minha formação para que um dia possa retornar ao Brasil ciente que química terá um papel no desenvolvimento científico de novas fontes sustentáveis de exploração energética.

Depoimento de Ligia

As Olimpíadas de Química me abriram as portas para o mundo, e me ensinaram também a vê-lo de uma outra maneira. Eu não tinha contato com o mundo olímpico quando resolvi, em 2015, fazer a redação classificatória para a Olimpíada de Química de São Paulo (OQSP). Comecei a ler mais sobre essas competições e a estudar para suas provas, e logo isso se tornou uma parte muito grande da minha vida.

Em 2016 ganhei medalha de ouro na OQSP e na Olimpíada Brasileira de Química (OBQ), e também



passei a estudar numa escola no Ceará que valorizava muito essas competições. Tudo mudou completamente - eu conheci pessoas incríveis de vários lugares do Brasil e aprendi muito, mas também tive momentos difíceis em que me perguntava se tudo aquilo valia a pena.

Em 2017 minha trajetória olímpica culminou com a participação na Olimpíada Internacional de Química (IChO) e na Olimpíada Ibero-Americana de Química (OIAQ). Foram momentos especiais para os quais eu tinha me dedicado muito, e os quais eu nunca esquecerei.

Com as olimpíadas percebi que o sonho distante de estudar fora do país poderia se tornar realidade: em 2017 mergulhei em mais um novo mundo, o do *application* para faculdades americanas.

Foram meses de muita correria com teste padronizados e redações, mas que também me fizeram refletir sobre a minha trajetória e me ensinaram muito sobre mim mesma. Meu sentimento quando isso acabou foi de dever cumprido e de que tinha fechado essa fase da vida com chave de ouro, e com vontade de começar um nova. Optei por estudar em Stanford University, onde hoje curso engenharia química e escrita criativa.

Desafios da Química e Engenharia para a Sustentabilidade

A questão da sustentabilidade ocupa hoje um papel central nas relações internacionais e na atuação de empresas e organizações financeiras. Cabe ao meio químico assegurar um futuro no qual os materiais e os produtos químicos que formam a base de nossa sociedade e de nossa economia, sejam saudáveis e não tóxicos, renováveis e não sujeitos ao esgotamento e degradáveis e não persistentes.

A revista Science, um dos periódicos mais influentes da comunidade científica mundial, aborda este desafio na sua edição de 24 de janeiro de 2020, dedicada à “Química para a Terra de Amanhã” (foto a direita).

Dois dos artigos contam com a participação de pesquisadores com vínculos com colegas brasileiros. James Clark, da Universidade de York, que coordena a Rede Global de Centros de Química Verde, da qual a Escola Brasileira de Química Verde faz parte, juntamente com K. Kümmerer e V. G. Zuin, apontam o caminho da economia circular — um sistema dedicado à eliminar o desperdício, circular e reciclar produtos e conservar recursos e o meio ambiente. Paul Anastas, da Universidade de Yale, parceira do Instituto Senai de Inovação em Química Verde, em projeto da UNIDO e Banco Mundial, lembra juntamente com J. Zimmerman, H. Erythropel e W. Leitner, que os erros da indústria no século passado não precisam ser repetidos no futuro.

A pesquisa e inovação de ponta, baseadas em Química Verde, já estão reinventando tudo: plásticos, fármacos, agroquímicos, eletrônicos, sistemas de geração



e armazenamento de energia, e além! Na sua opinião, os resultados já são convincentes, mas este é apenas o começo!

Foi de uma empresa brasileira uma iniciativa pioneira de comercializar insumos petroquímicos obtidos de fontes renováveis, um dos principais objetivos de empresas que atuam em Química Verde. Uma iniciativa ambiciosa para delinear as oportunidades para estimular a inovação através de aplicações da sustentabilidade aos processos químicos foi lançada há dez anos atrás e reforçada durante a [Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável](#) realizada no Rio de Janeiro em 2012.

Este evento, conhecido como a Rio+20, reiterou os compromissos assumidos na Conferência de 1992, e contou, inclusive, com

uma declaração dos principais executivos da indústria química sobre seu comprometimento.

Em 2014 um estudo sobre as oportunidades para a diversificação na indústria química identificou aplicações promissoras de matérias primas renováveis e divulgou editais para o financiamento de projetos da parte de empresas interessadas.

Tais ações implicam num planejamento de longo prazo, no qual caberia à Escola Brasileira de Química Verde acompanhar o estado da arte, atualizar as grades curriculares e identificar as demandas tecnológicas do sistema produtivo nacional.

No momento, o maior desafio consiste em formar os quadros capacitados. É preciso atrair jovens com talento e aptidão para uma

nova concepção de processos químicos desenvolvidos segundo os princípios da sustentabilidade.

A Escola utiliza várias abordagens, estratégias e atividades práticas de ensino para introduzir os conceitos multidisciplinares da Química Verde no ensino técnico e acadêmico (Caderno Nº 4, pp.10-16).

As bases da Escola estão sendo atualizadas e “Química e Engenharia para a Sustentabilidade” foram identificadas como principais áreas de sua atuação.

A próxima edição do Encontro da Escola Brasileira de Química, prevista para julho no Rio de Janeiro, proporcionará uma excelente oportunidade para discutir suas próximas atividades.

Alguns dos Encontros da Escola Brasileira de Química Verde realizados em cidades pelo Brasil





Processos Mecanoquímicos para a Obtenção de Novos Materiais

Estevão Freire

Departamento de Processos Orgânicos, EQUFRJ
E-mail: estevao@eq.ufrj.br

Resumo

Os métodos convencionais de processamento de materiais frequentemente requerem etapas de processamento especiais, modificação química, uso de solventes ou a adição de agentes compatibilizantes, o que aumenta a complexidade dos processos. O processo mecanoquímico, que promove misturas entre materiais, alteração da cristalinidade e/ou transformações químicas permite a obtenção de misturas e novos materiais em processos rápidos, usando quase nenhum solvente ou mesmo isentos de solvente. Utiliza equipamentos relativamente simples e pode ser usado em diversas áreas de aplicação industrial, como reciclagem de materiais, extração de substâncias a partir de biomassa e compatibilização de nanocargas em matrizes poliméricas.

Palavras-chave: mecanoquímica, moagem de alta energia, nanocompósitos, síntese mecânica.

Introdução

Melhorias significativas nas propriedades físicas dos materiais vêm sendo alcançadas através de modificações nos seus métodos de fabricação. O processo de síntese mecânica (SM) é um exemplo de técnica criadas com esse objetivo, onde é utilizada energia mecânica, como compressão, cisalhamento ou atrito para promover uma transformação química (CAMPOS, 2005; KOCH, 2003). Estes processos são denominados de mecanoquímicos; a IUPAC (*International Union of Pure and Applied Chemistry*) define uma reação mecânico-química como uma reação química induzida pela absorção direta de energia mecânica (JAMES et al, 2012).

Dentre os vários processos existentes de transformação e processamento de materiais - via plasma, deposição de vapor ou solidificação rápida - a

síntese mecânica tem recebido grande atenção nos últimos anos, tendo sido primeiramente aplicada industrialmente, na fabricação de superligas metálicas. Entre as vantagens da síntese mecânica, destaca-se o fato de que é uma técnica de processamento onde a matéria permanece o tempo todo no estado sólido (CAMPOS, 2005, MEKHILEF e VERHOOGT, 1996; SMITH et al., 2000).

A ação mecânica pode ser derivada do uso de equipamentos do tipo moinho, normalmente moinho de bolas de alta energia (TAKACS, 2013). A moagem de bolas tem as vantagens de evitar a necessidade de altas temperaturas, solventes perigosos e processos complexos de polimerização *in situ*. Além disso, o moinho de bolas representa não apenas uma alternativa interessante para a produção de materiais orgânicos-inorgânicos híbridos, mas também um método ambiental e economicamente sustentável para fabricar nanocompósitos (DELOGU, GORRASI e SORRENTINO, 2017).

Os efeitos químicos de ação mecânica são diferentes dos efeitos do calor e perceber e utilizar esse fato é um importante aspecto nos estudos dos processos mecanoquímicos (TAKACS, 2013).

A moagem de alta energia se refere a um método de processamento que envolve repetidas fraturas, soldas a frio e re-soldas das partículas, produzindo novos materiais por síntese mecânica ou liga mecânica (*mechanical alloying*), onde a mistura ocorre em escala atômica ou molecular. Este processo de não-equilíbrio foi explorado inicialmente como um meio de aumentar a resistência de ligas metálicas por meio da dispersão de óxidos em superligas à base de níquel e ferro para aplicações na indústria aeroespacial, uma vez que óxidos não podem ser dispersos no estado líquido, demandando por uma técnica de síntese de estado sólido.

A técnica tem sido empregada na síntese de diversas ligas metaestáveis ou ligas inorgânicas amorfas que exibem mistura em escala nanoscópica (KOCH et al., 1999; CAMPOS, 2005).

A mecanoquímica envolve diversas áreas de estudo: na mineralogia, processos mecanoquímicos são usados no processamento para a extração de elementos a partir de minerais; em bioquímica, a mecanoquímica se refere aos mecanismos pelos quais as células convertem estímulos mecânicos em atividade química (mecanotransdução) para funções fisiológicas ou produção de energia mecânica por reações químicas, como motores moleculares ou para contração muscular; em ciência macromolecular, a mecanoquímica se refere à degradação mecânica de polímeros através da cisão de ligações covalentes (ZHANG et al., 2015).

Reações nas quais o solvente pode interferir e reações que exijam solventes perigosos tornam-se adequadas para o uso de processos mecanoquímicos (KOCH et al., 1999).

Na área de polímeros, a aplicação da síntese mecânica foi iniciada por Shaw e colaboradores, em 1994 (PAN e SHAW, 1994). A moagem geralmente é conduzida em temperaturas abaixo da temperatura de transição vítrea. A formação de liga mecânica criogênica tem um efeito significativo na estrutura da cadeia de materiais poliméricos e que esta resposta é específica para cada polímero. Por exemplo, no caso do PMMA ocorre diminuição da massa molar da temperatura de transição vítrea, reflexo da cisão das cadeias induzida pela moagem, enquanto que para PI ocorre formação de ligações cruzadas (SMITH et al., 2000).

Aspectos históricos

O uso de moagem mecânica para ativar reações químicas era conhecida por Faraday antes de 1820, quando descreveu a redução de AgCl por meio de moagem com cobre, ferro, estanho e zinco. Lea na década de 1890 foi o primeiro a demonstrar que a moagem mecânica pode ativar reações diferentes das reações termoquímicas. Os exemplos mais notáveis são AgCl e HgCl₂, que se decompõem quando moídos em um

almofariz, mas fundem (AgCl) ou sublimam (HgCl₂) quando aquecidos (DELOGU, GORRASI e SORRENTINO, 2017; ZHANG et al., 2015).

Em 1903, os efeitos químicos das forças mecânicas também foram mencionados por Ostwald, que recebeu o Prêmio Nobel de Química de 1909. Em 1919, ele incluiu o termo “mecanoquímica” em seu livro de química, dando a mesma respeitabilidade concedida a outros termos tais como termoquímica, eletroquímica e fotoquímica (DELOGU, GORRASI e SORRENTINO, 2017).

O progresso na mecanoquímica foi relativamente lento durante a primeira metade do século XX; desenvolvimentos mais importantes se beneficiaram do progresso geral em físico-química na década de 1960 (TAKACS, 2013). Em 1994, Rowlands et al. usou métodos mecanoquímicos pela primeira vez para destruir poluentes orgânicos tóxicos, relatando a degradação do diclorodifeniltricloroetano (DDT) (WANG et al., 2017).

No início do século XX, os polímeros atraíram um interesse crescente, tais como a determinação de seu comportamento sob as condições de ativação mecânica induzidas pelo moinho de bolas. Embora o efeito mais comum tenha sido a degradação mediada pelo encurtamento das macromoléculas, devido à ruptura de ligações químicas, também foi descoberto que o processamento mecânico pode iniciar reações de polimerização (DELOGU, GORRASI e SORRENTINO, 2017). Os primeiros trabalhos envolvendo processos mecanoquímicos foram revisados por Baramboin. O assunto principal de seu livro é a degradação, mas ele também discute a formação de copolímeros e a modificação da estrutura e propriedades dos polímeros (TAKACS, 2013).

Mecanismos do processamento mecanoquímico

As reações mecânico-químicas orgânicas podem ser divididas em duas categorias, com base nas interações envolvidas. Se ocorrer ruptura de ligações covalentes, formando novas ligações, o produto será um novo composto, que poderá ser diferente do produto obtido de síntese em solução. Se apenas interações secundárias, como ligações de hidrogênio, são afetadas, o processo

é uma reação supramolecular, como a formação de cocristais. Alguns cocristais só podem ser obtidos por meio de processamento mecânico (TAKACS, 2013).

As variáveis de processamento na operação de um moinho de bolas afetam o desempenho das reações mecanoquímicas, que são função da energia cinética das bolas antes da colisão, de como essa energia é transferida para os reagentes (por impacto direto, sob o qual o material é comprimido localmente, ou por cisalhamento) e a frequência das colisões (KOCH et al., 1999).

A temperatura não é um parâmetro facilmente controlado nas reações mecanoquímicas, o vaso de reação aquece devido à ocorrência das colisões e depende do volume de esferas de moagem, tipo de amostra e tamanho do recipiente, bem como a frequência de colisões. Moinhos criogênicos estão disponíveis comercialmente, que permitem o resfriamento do vaso de reação com nitrogênio líquido (KOCH et al., 1999).

O ambiente de reação mecanoquímico pode ser modificado ainda pela adição de uma pequena quantidade de líquido. Este processo é denominado “Moagem Assistida por Líquidos” (LAG – *Liquid assisted grinding*) (KOCH et al., 1999). Essas técnicas, em contraste a moagem a seco, geralmente oferecem vantagens como tempos de reação e/ou maior seletividade do produto (GEČIAUSKAITĖ e GARCÍA, 2017).

A quantidade de energia fornecida a um processo mecanoquímico pode ser ajustada modificando alguns parâmetros, tais como o tempo e a frequência de moagem. De igual importância no projeto da reação é a escolha do meio de moagem, como o número e o tipo de bolas de moagem. Por exemplo, bolas de moagem feitas de materiais mais densos causam maior energia cinética durante o progresso da moagem. O potencial para lixiviação de metais e taxas de desgaste também devem ser levadas conta ao selecionar o meio de moagem apropriada (GEČIAUSKAITĖ e GARCÍA, 2017).

Em polímeros, a combinação de cisalhamento, extensão, fratura e soldagem fria de partículas poliméricas em pó durante a liga mecânica pode induzir à cisão de cadeias ou abstração de hidrogênio, e, conseqüentemente à formação de radicais livres. Tais

mudanças podem ser acompanhadas de redução de massa molar ou reação intercadeia, possivelmente resultando em compatibilização *in situ* (CAVALIERI e PADELLA, 2002).

Em uma moagem de bolas, a transferência de energia para o pó moído ocorre durante batidas repetidas entre as bolas e entre as bolas e as paredes da câmara de mistura. Como resultado, a energia cinética da bola é transferida para o pó confinado que acumula a energia transferida (na forma de energia de superfície e interfacial após o rompimento das partículas). Desta forma, batidas repetidas podem produzir um aumento de energia quase contínuo no material moído e o sistema pode estabilizar em processos consecutivos, tais como transformação de fase e/ou reações químicas (CAVALIERI, PADELLA e BOURBONNEAUX, 2002).

Equipamentos e parâmetros de processamento

Os primeiros moinhos de vibração foram desenvolvidos na Alemanha em torno de 1930, sendo usados em escala laboratorial atualmente. O moinho planetário foi desenvolvido pela empresa Fritsch em 1961, fornecendo uma mistura de impacto e atrito que pode ser variada pela escolha dos parâmetros de moagem (TAKACS, 2013).

Posteriormente, em 1957 foi desenvolvido um moinho de bolas que tornou-se a ferramenta mais popular para ligas mecânicas e processamento mecânico-químico em escala laboratorial, o SPEX 8000. O SPEX 8000 foi desenvolvido como uma ferramenta para homogeneizar amostras para medições espectroscópicas. Em poucos anos, o SPEX 8000 se tornou o equipamento padrão de processamento (TAKACS, 2013).

Hoje diferentes tipos de equipamentos para moagem de alta energia são utilizados, que diferem na sua capacidade, eficiência de mistura e arranjos adicionais para resfriamento e aquecimento. Entre eles estão os moinhos SPEX, moinhos de bolas planetário, moinhos por atrito, além de novos desenhos de moinhos, que incluem moinhos de bastões, por vibração. Os mais citados na literatura são o moinho de bolas e o moinho



FOTO: Wikipédia

A figura acima ilustra o moinho de alta energia SPEX 8000 e alguns acessórios.

Os moinhos planetários são chamados assim devido ao movimento do recipiente de moagem que faz movimento de rotação em seu próprio eixo e movimento de translação ao redor do eixo do moinho. As forças centrífugas geradas nos moinhos planetários resultam em altíssima energia de pulverização e, portanto, **curtos tempos de moagem**. Já o moinho de bolas também é chamado de 'shaker mill' ou "high-energy ball mill". Eles giram horizontalmente em torno de seu eixo de revolução. Os pós e esferas de moagem são arrastados pela parede do recipiente e quando atingem certa altura caem devido à ação da gravidade. Além disso, as esferas deslizam umas sobre as outras. A combinação desses movimentos induz colisões frontais e de fricção nos pós. Os corpos de moagem e os frascos de mistura podem ser de diversos tipos de materiais, como por exemplo: aço endurecido, aço inoxidável, carboneto de tungstênio, de cerâmica de alumina, zircônia, nitreto de silício, ágata, poliestireno, poli(metacrilato de metila) e policarbonato. A escolha do material dos corpos de moagem e dos frascos é escolhida de acordo com o tipo de material que será processado (SURYANARAYANA, 2001).

O tipo de moinho é um fator importante no processamento, mas outros parâmetros que devem ser considerados e que não são completamente

independente uns dos outros incluem a atmosfera de moagem, o espaço livre no equipamento, a temperatura, o meio de moagem, a velocidade de moagem, a relação meio de moagem/reagente e o tempo de moagem (TODD, 2017).

A) Atmosfera de moagem

O maior efeito da atmosfera de moagem diz respeito à contaminação do produto final. O processamento em uma atmosfera inerte, por exemplo, argônio diminui a exposição ao oxigênio ou à água; nitrogênio também pode ser usado como gás inerte. No entanto, no caso de reações de hidrogenação, o reator pode ser preenchido com hidrogênio como reagente (CAMPOS, 2005; Todd, 2017).

B) Espaço livre

O volume ou o espaço livre, ou seja, o preenchimento do recipiente de moagem é fundamental para um processamento adequado. As bolas e partículas de pó devem movimentar-se livremente no interior do recipiente. Recomenda-se que aproximadamente 50% do espaço do recipiente de moagem seja mantido vazio (CAMPOS, 2005).

C) Temperatura

Existem poucos registros de estudos onde a temperatura foi variada intencionalmente durante a moagem. Estes foram feitos com a utilização de nitrogênio líquido para abaixar a temperatura e aquecedores elétricos para aumentá-la (CAMPOS, 2005).

D) Meio de moagem

Geralmente bolas de menor diâmetro geram menor energia que as de maior diâmetro. A densidade do meio de moagem deve ser alta o suficiente para que as bolas criem forças de impacto nos pós. A energia gerada com cada impacto está diretamente relacionada à massa do meio; meios de menor massa ou diâmetro menor podem ser colocados na categoria de moagem branda e podem criar fases amorfas, enquanto os meios de massa de maior diâmetro ou maior são classificados como moagem dura e podem gerar produtos mais cristalinos (CAMPOS, 2005; Todd, 2017).

E) Velocidade de moagem

A velocidade de agitação/rotação é outra variável

importante. Quanto maior a velocidade, maior será a energia fornecida ao pó, resultando em menor tempo para a moagem (CAMPOS, 2005).

F) Relação meio de moagem/reagente

A razão entre as massas das bolas e da mistura de pós (internacionalmente conhecida pela sigla BPR), é uma das variáveis importantes do processo de moagem. Os valores geralmente usados variam de 1:1 até 220:1; quanto maior BPR menor o tempo de moagem; com o aumento da BPR o número de bolas aumenta, o número de colisões entre elas também e, conseqüentemente, a energia de colisão, tornando o processo mais rápido. Com mais energia disponível, mais calor é gerado e as interações entre o meio de moagem (bolas) e a amostra são maiores (CAMPOS, 2005).

G) Tempo de moagem

O tempo de moagem é um dos parâmetros mais importantes e mais fáceis de ser controlado. O tempo ideal de moagem de qualquer reação é o tempo mais rápido obtido para que a maior quantidade de produto seja formada. No entanto, longos tempos de moagem podem resultar em amorfização do produto e até contaminação do produto. Os tempos requeridos dependem do tipo de moinho usado, da intensidade de moagem, da razão entre massas (bolas/amostra), e da temperatura de moagem (CAMPOS, 2005; TODD, 2017).

Aplicações da mecanoquímica

a) Remediação de solos

Os métodos mais comuns para remover poluentes orgânicos do solo são baseados na degradação biológica. No entanto, os procedimentos biológicos têm certas deficiências, pois podem exigir um tempo considerável ou deixar altas concentrações de resíduos nocivos no solo.

Portanto, pode ser vantajoso desenvolver remediação complementar do solo usando métodos baseados em procedimentos mecanoquímicos. A abordagem mecânico-química pode servir de base para esquemas de remediação de solos contaminados com numerosos poluentes orgânicos (NASSER e MINGELGRIN, 2012).

b) Extração de substâncias

O tratamento mecanoquímico leva a um aumento no rendimento de extração de substâncias biologicamente ativas da parte interna de uma célula e acelera a dissolução cinética. Os métodos convencionais para extração de material vegetal são baseados na dissolução de substâncias biologicamente ativas em uma ampla gama de solventes. Reações mecanoquímicas no estado sólido podem ser usadas para produzir formas químicas mais solúveis e mais biologicamente eficazes. Durante o processamento mecânico, a substância alvo é transformada em sua forma química que apresenta a maior solubilidade na água.

Um produto em pó é obtido como resultado do tratamento mecanoquímico. Após a adição de água, este produto libera a forma solúvel do produto biologicamente ativa. Este novo produto pode ser usado para vários fins, por exemplo, como aditivo ou componente da nutrição funcional. O produto pode ser obtido com um maior rendimento e uma pureza mais alta e pode diferir na composição da extratos isolados usando solventes orgânicos (LOMOVSKY, LOMOVSKIY E ORLOV, 2017).

c) Obtenção de novos materiais

Nanocompósitos poliméricos podem ser produzidos em fase líquida por meio de dispersão das nanocargas em monômeros e posterior polimerização em massa ou em solução. Outro método de incorporação de nanocargas é em polímeros em estado fundido, em extrusoras ou câmaras de mistura (DELOGU, GORRASI e SORRENTINO, 2017).

Entretanto, altas temperaturas e intensa agitação mecânica necessárias na incorporação de nanocargas podem induzir processos de degradação química indesejáveis. Por outro lado, métodos de produção *in situ* envolvem procedimentos complexos reagentes caros e diversas etapas de processo. Além disso, pode haver dispersão não uniforme da carga na matriz polimérica (DELOGU, GORRASI e SORRENTINO, 2017).

Com o objetivo de melhorar a dispersão de cargas em matrizes, a mistura em estado sólido via processamento mecânico facilita a mistura íntima de seus

constituintes através de deformações plásticas repetitivas. O moinho de bolas permite a redução do tamanho das partículas, além da dispersão mútua eficaz das fases processadas. Isso resulta na fabricação de sólidos metaestáveis finamente dispersos sob condições afastadas do equilíbrio. O processamento em moinho de bolas modifica a morfologia da carga na produção e nanocompositos poliméricos, o que aumenta a compatibilidade das cargas com polímeros e permite reações de graftização (DELOGU, GORRASI e SORRENTINO, 2017).

O uso de nanopartículas como cargas para polímeros apresenta uma nova dimensão no desenvolvimento e aplicação de materiais avançados. A ativação mecanoquímica de partículas de cinzas volantes (FA) por moagem de alta energia, por exemplo, é considerada como um caminho potencial para obter maior aprimoramento da resistência mecânica em compósitos poliméricos (PATIL, SELVAKUMAR e ANANDHAN, 2016). A cinza volante é um material cerâmico, geralmente chamado de cinza combustível pulverizada obtida como subproduto de combustão de carvão que gera grande impacto ambiental devido à grande quantidade produzida e grande uso da terra para descarte (PATIL e ANANDHAN, 2015).

A cinza volante tem sido usada em diversos polímeros termoplásticos; trabalhos mostraram que a cinza volante nanoestruturada obtida por ativação mecânico-química incorporada em uma matriz de poli(álcool vinílico) por mistura de solução auxiliada por ultrassom promoveu um aumento substancial na cristalinidade do polímero. Cinza volante ativada mecanoquimicamente por moagem de alta energia na presença de tolueno e um surfactante aniônico foi usada como reforço nanoestruturado em matriz biodegradável de PVA (PATIL e ANANDHAN, 2015).

Na produção de copolímeros, o copolímero em bloco PTFE-bloco-PMMA foi obtido por moagem mecânica de PTFE com poli (metacrilato de metila) (PMMA) em vácuo a 77 K. Outro exemplo é o copolímero em bloco de celulose microcristalina (MCC) e PMMA (MCC-bloco-PMMA), que foi produzido por

polimerização mecanoquímica do MMA iniciada por radicais livres induzidos por moagem de esferas de MCC em vácuo a 77 K (MOTOKAWA et al., 2015).

Nanocompósitos à base de poli(éter-éter-cetona) (PEEK) com diferentes conteúdos de nanopartículas de ZnO foram preparados por moagem criogênica de bolas seguida de moldagem por compressão. As nanopartículas foram tratadas com um agente de acoplamento de silano para melhorar sua dispersão e adesão interfacial dentro da matriz (DELOGU, GORRASI e SORRENTINO, 2017).

O grafeno e seus derivados têm sido usados para produção de compósitos poliméricos. Atualmente, o processo para produção de grafeno funcionalizado (FG) em grandes quantidades consiste em duas etapas: normalmente, a grafite é oxidada em óxido de grafite (GO) e depois quimicamente ou termicamente reduzido para produzir o grafeno funcionalizado. A presença de grupos funcionais melhora a compatibilidade do grafeno com várias matrizes poliméricas (TSCHOPPE et al. 2015).

Caminhos alternativos, em uma única etapa seriam de grande interesse. Por exemplo, processos de moagem mecânica, que esfoliam grafite em estruturas multicamadas em um único processo. Além disso, a funcionalização de grafeno pode ser realizada quando a moagem a seco de grafite é realizada na presença de gases como CO₂, amônia, SO₃ (TSCHOPPE et al. 2015).

Na conversão mecânico-química da celulose, altos rendimentos de oligômeros são facilmente obtidos, mas os rendimentos de produtos monoméricos são relativamente baixos. Uma das razões que tem sido apresentadas para o fato é teor de umidade da matéria-prima, pois presume-se que a reação dominante seja a hidrólise (BRITAIN et al., 2018).

A mecanoquímica oferece uma abordagem promissora para a despolimerização da lignina em um processo livre de solvente próximo às condições ambientais. Na presença de hidróxido de sódio, a massa molecular dos fragmentos de lignina pode ser reduzida substancialmente após 10 minutos de moagem. No entanto, a eficácia da despolimerização é limitada pela formação de intermediários reativos que tendem a sofrer reações de polimerização (por exemplo, condensação)

que formam produtos que podem ser mais difíceis de despolimerizar do que a lignina original (BRITAIN et al., 2018).

O pré-tratamento é considerado ser uma condição prévia primária para a subsequente sacarificação enzimática de celulose e desconstrução e despolimerização de lignina. Geralmente, métodos de pré-tratamento, como físico, químico e o pré-tratamento biológico tem sido amplamente aplicado a várias substâncias lignocelulósicas devido às propriedades dos substratos. Contudo, a maioria dos processos de pré-tratamento existentes geralmente são intrincados e demorados (WANG et al., 2018).

Recentemente, o pré-tratamento mecânico-químico tem sido usado para preparar oligossacarídeos solúveis em água a partir da celulose por hidrólise. Sob a presença de forças mecânicas, a despolimerização de biomassa sólida impregnada de ácido supera completamente os problemas colocados pela recalcitrância da lignocelulose (WANG et al., 2018).

d) Reciclagem

A reciclagem mecânica de plásticos requer matéria-prima o mais homogênea possível para a obtenção de materiais com propriedades adequadas para uso comercial. Entretanto, plásticos utilizados em dispositivos eletrônicos ou outros usos especiais geralmente contém quantidades significativas de aditivos do tipo retardante de chama, que são compostos orgânicos halogenados. Durante o tratamento térmico, são produzidas grandes quantidades de haletos que causam risco elevado à saúde humana e danos físicos aos equipamentos. Em segundo lugar, dioxina e seus compostos podem ser formados devido à alta temperatura e presença de halogênios, matéria carbonácea e catalisadores de formação de dioxina (CAGNETTA et al., 2018).

Nos últimos vinte anos, o processo mecanoquímico demonstrou ser adequado para mineralizar poluentes orgânicos halogenados. As reações que ocorrem em moinhos de bolas de alta energia graças à energia mecânica fornecida, transforma haletos orgânicos, na presença de um agente de moagem, em

carbono amorfo e halogenetos em poucas horas de processamento (CAGNETTA et al., 2018).

Lu, Zhang e Zhang (2015) exploraram a possibilidade de desvulcanização parcial ou reticulação e reciclagem de borracha de pneus moídos, restos de borracha fluorada pós-vulcanizada e polietileno reticulado de restos de cabos por meio de alto cisalhamento por moagem mecanoquímica no estado sólido. A fração de gel das sobras foi notavelmente reduzida após a moagem, indicando a ocorrência de quebra induzida por tensão nas estruturas de reticulação. Os resultados demonstram que a moagem mecânico-química de alto cisalhamento é uma alternativa tecnológica viável para a reciclagem de sucatas de polímeros pós-vulcanizados ou reticulados.

Os processos mecanoquímicos oferece vantagens sobre outros métodos convencionais de reciclagem, como o fato de poderem ser conduzidos em temperatura ambiente, sendo livre de produtos químicos e apresentar baixo consumo de energia (WU, LIANG E LU, 2012). O processo de moagem mecanoquímica no estado sólido pode ser utilizado como um método para reciclar resíduos de polietileno de ligação cruzada, por meio de quebra parcial das ligações cruzadas, levando, conseqüentemente, à maior mobilidade da cadeia de XLPE, afetando processos de cristalização (WU, LIANG E LU, 2012).

Considerações finais

Os processos mecanoquímicos se constituem em rotas tecnológicas adequadas para a obtenção de materiais que não podem ser obtidos por processos convencionais ou no tratamento de resíduos poliméricos e de biomassa. Técnicas experimentais tais como microscopia de força atômica na caracterização de materiais em nível nanométrico e estudos de simulação em computador têm sido cada vez mais utilizados em estudos mecanoquímicos (TAKACS, 2013).

Mesmo que uma etapa de reação mecânico-química seja isenta de solventes, os solventes ainda podem ser necessários para a purificação dos produtos. Portanto, é importante tentar identificar os tipos de

situações nas quais a mecanoquímica pode oferecer uma clara vantagem sobre as abordagens convencionais à base de solvente, ou seja, quando permite que menos energia seja usada ou quando o produto obtido é analiticamente puro ou se contém impurezas detectáveis, mas aceitáveis para o uso pretendido (JAMES et al., 2012).

Um aspecto importante no processamento de materiais por síntese mecânica é a quantidade e natureza das impurezas que podem ser incorporadas ao meio,

contaminando-o. A magnitude de contaminação pode depender do tempo de moagem, intensidade de moagem, da atmosfera na qual é feita a moagem e da diferença entre a dureza dos pós e das ferramentas de moagem (CAMPOS, 2005).

A principal função dos moinhos de bolas não é para conduzir reações químicas, embora elas possam ocorrer, propositalmente ou não, mas para processar materiais, que de outro modo não seria possível.

Referências bibliográficas

BRITAIN, A.D. et al. Quenching of reactive intermediates during mechanochemical depolymerization of lignin. **Catalysis Today**, 302, p. 180–189, 2018.

CAGNETTA, G. et al. Mechanochemical pre-treatment for viable recycling of plastic waste containing haloorganics. **Waste Management**, 75, p. 181–186, 2018.

CAMPOS, C. E. M. **Estudo de propriedades físicas de nanomateriais produzidos por síntese mecânica**. 2005. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

CANHUI LU, C.; ZHANG, X.; ZHANG, W. Recycling and processing of several typical crosslinked polymer scraps with enhanced mechanical properties based on solid-state mechanochemical milling. In: **AIP Conference Proceedings**, 2015.

CAVALIERI, F.; PADELLA, F. Development of composite materials by mechanochemical treatment of post-consumer plastic waste. **Waste Management**, v. 22, 913–916, 2002.

CAVALIERI, F.; PADELLA, F.; BOURBONNEAUX, S. High energy mechanical alloying of thermoplastic polymers in carbon dioxide. **Polymer**, v. 43, 1155–1161, 2002.

DELOGU, F., GORRASI, G., SORRENTINO, A. Fabrication of polymer nanocomposites via ball milling: Present status and future perspectives. **Prog. Mater. Sci.**, v. 86, p. 75–126, 2017.

GEČIAUSKAITĖ, A. A., GARCÍA, F. Main group mechanochemistry. **Beilstein J. Org. Chem.**, v. 13, p. 2068–2077, 2017.

KOCH, C. C. Top-down synthesis of nanostructured materials: mechanical and thermal processing methods. **Rev. Adv. Mater. Sci.**, v. 5, p. 91–99, 2003.

JAMES, S. L. et al. Mechanochemistry: opportunities for new and cleaner synthesis. **Chem. Soc. Rev.**, v. 41, p. 413–447, 2012.

LOMOVSKY, O. I.; LOMOVSKIY, I. O.; ORLOV, D. V. Mechanochemical solid acid/base reactions for obtaining biologically active preparations and extracting plant materials, **Green Chem. Lett. Rev.**, 10:4, p. 171–185, 2017.

MEKHILEF, N.; VERHOOGT, H. Phase inversion and dual-phase continuity in polymer blends: theoretical predictions and experimental results. **Polymer**, 18, 1996.

MOTOKAWA, T. et al. Novel method of the surface modification of the microcrystalline cellulose powder with poly(isobutyl vinyl ether) using mechanochemical polymerization. **Adv. Powder Technol.**, 26, p. 1383–1390, 2015.

NASSER, A.; MINGELGRIN, U. Mechanochemistry: A review of surface reactions and environmental applications. **Appl. Clay**

Sci., v. 67–68, p. 141–150, 2012.

PAN, L., SHAW, W. D. Properties of mechanically processed polymeric material. **J. Appl. Polym. Sci.**, 52, p. 507–514, 1994.

PATIL, A. G.; SELVAKUMAR, M.; ANANDHAN, S. Characterization of composites based on Biodegradable poly(vinyl alcohol) and nanostructured fly ash with an emphasis on polymer–filler interaction, **J. of Thermoplastic Compos. Mater.**, v. 29(10), p. 1392–1415, 2016.

PATIL, A. G.; ANANDHAN, S. Influence of planetary ball milling parameters on the mechano-chemical activation of fly ash. **Powder Technol.**, 281, p. 151–158, 2015.

SMITH, A. P. et al. Solid-State Blending of Polymers by Cryogenic Mechanical Alloying. **Mat. Res. Soc. Symp.**, v. 629, 2000.

SMITH, A. P. et al. High-Energy Cryogenic Blending and Compatibilizing of Immiscible Polymers. **Adv. Mater.**, 15, 11, 1999.

SURYANARAYANA, C., **Mechanical alloying and milling**, *Prog. in Mater. Sci.*, v.46, p. 1-184, 2001.

TAKACS L. The historical development of mechanochemistry. **Chem. Soc. Rev.** v.42, p.7649, 2013.

TODD, J. **Mechanochemical Synthesis of Fuels from Sustainable Sources Utilizing Solid Catalysts**. Doctoral Dissertation, University of Central Florida, 2017.

TSCHOPPE, K. et al. Thermally Reduced Graphite Oxide and Mechanochemically Functionalized Graphene as Functional Fillers for Epoxy Nanocomposites **Macromol. Mater. Eng.**, 300, 140–152, 2015.

WANG, H. et al. Mechanochemical remediation of PCB contaminated soil. **Chemosphere**, 168, p. 333–340, 2017.

WANG, H-M. et al. Green and efficient conversion strategy of Eucalyptus based on mechanochemical pretreatment. **Energy Conv. and Manag.**, 175, 112–120, 2018.

WU, H.; LIANG, M.; LU, C. Non-isothermal crystallization kinetics of peroxide-crosslinked polyethylene: Effect of solid state mechanochemical milling. **Thermochimica Acta**, v. 545, p. 148–156, 2012.

ZHANG, Q., SAITO, F. A review on mechanochemical syntheses of functional materials. **Adv. Powder Technol.**, 23, p 523–53, 12.

ZHANG, H. et al. Mechanochemistry of Topological Complex Polymer Systems. In: BOULATOV, R. **Top. Curr. Chem.**, 369: p. 135–208, 2015.

ZHANG, W. et al. Mechanochemical activation of cellulose and its thermoplastic polyvinyl alcohol ecomposites with enhanced physicochemical properties. **Carbohydrate Polymers**, 83, p. 257–263, 2011.

QUÍMICA VERDE

Cápsulas

Metabólitos Revelam suas Preferências e Hábitos

A inteligência artificial empregada em reconhecimento facial não é a única maneira que sua privacidade é invadida hoje em dia por “big data”. Acabam de aparecer investigações de metabólitos por instrumentos como cromatógrafos acoplados a massas capazes de descobrir muita coisa sobre seus hábitos e preferências. De fato, existem hoje grandes bases de dados que estão recheadas de dados confiáveis sobre grandes segmentos da população. Elas são públicas estão legalmente disponíveis. Pesquisadores da Universidade da Califórnia, San Diego estimam que, em menos do que quatro anos, traços de seu sangue, urina e fezes (ou mesmo lágrimas e suor) sejam capazes de detectar traços de moléculas que revelam o que consome, suas práticas religiosas, problemas de saúde assim como outras informações que você talvez prefira não divulgar.

Cancelamento de Reunião da ACS frustra Divulgação de Experimentos sobre Sustentabilidade

Aumentar a conscientização de seus colegas sobre a necessidade de contrabalançar as questões ambientais, econômicas e sociais na avaliação e análise de processos químicos, é um dos principais objetivos do UFRJ Student Chapter da American Chemical Society (ACS). Seus integrantes veem preparando demonstrações e experimentos assim como atividades didáticas que exemplificam contribuições da Química para a sustentabilidade. Um de seus associados, estudante de graduação da Escola de Química, foi convidado para fazer um relato destas atividades nas Semanas Nacionais de Ciência e Tecnologia, nos Encontros da Escola Brasileira de Química Verde e em oficinas para alunos e professores na Spring 2020 National Meeting da ACS que seria realizada em Philadélfia, na Pensilvânia, de 22 a 26 de Março deste ano. Trata-se de evento que normalmente conta com mais de dez mil participantes e seu cancelamento resultou numa enorme frustração para os jovens alunos!

Expediente

O Caderno de Química Verde é uma publicação da Escola Brasileira de Química Verde com o objetivo de divulgar matérias de interesse, fatos, entrevistas e notícias ligadas ao setor.

Editor Responsável:
Peter Rudolf Seidl.

Estevão Freire, Julio Carlos Afonso,
Roberio Fernandes Alves de Oliveira.

Contato:
quimicaverde@eq.ufrj.br

Editora Adjunta:
Adriana Karla Goulart.

Consultor Senior:
Celso Augusto Caldas Fernandes.

É permitida a reprodução de matérias desde que citada a fonte.

Conselho de Redação:
Ana Karolina Muniz Figueiredo,

Diagramação e arte:
Adriana dos Santos Lopes.

Os textos assinados são de responsabilidade de seus autores.