

CADERNO DE QUÍMICA VERDE

Ano 6 - Nº 21 - 2º semestre de 2021

10-2

Editorial

10-7

QUÍMICA VERDE

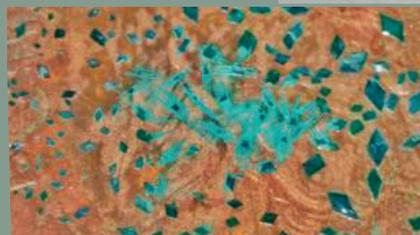
Eventos

O Jubileu de Prata
da Conferência Anual
de Química e
Engenharia Verde

A Escola de Inverno
de Química Verde

Neste Caderno

10-3



**A Aplicação de
Microescala na Química Verde:
Uma Proposta de
Experimento Sustentável**

Editorial

“Não interessa!”

“Muito chato.”

“Ainda falta muito para trilharmos este cominho otimista proposto pelo autor. Lembro que a mesma empresa que produz polímeros de fontes renováveis é a dona da antiga Salgema que inviabilizou o uso das praias do sul de Maceió em razão da poluição e ainda comprometeu a geologia de parte da cidade”.

“Acho muito pouco provável que as corporações do setor químico (Empresa B), mudem suas estratégias produtivas em benefício da natureza, principalmente, por tratarem-se de grupos voltadas a destruição do meio ambiente e fio diversidade (Empresas M, C,...)”.

Estes comentários, gerados em pouco menos de um mês depois da publicação do artigo denominado QUANDO TODA A QUÍMICA SERÁ VERDE? que apareceu na Edição 379 de Ciência Hoje, indicam que notícias sobre a assinatura de acordos internacionais e de compromissos assumidos por empresas e governos para estimular o verde, negociados na Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (COP 26), provocam uma reação muito negativa junto a leitores interessados em ciência. Aparentemente o viés muito positivo do artigo, baseado em ênfase na sustentabilidade e nas medidas adotadas para recuperar a economia e o nível de emprego, não parece convencer uma parcela muito relevante do público, os interessados na geração de conhecimentos e em como suas contribuições beneficiam a sociedade. Estas são justamente as pessoas que estão se informando sobre a economia verde, a necessidade de reciclar e reaproveitar tudo que é produzido e o papel das matérias primas renováveis e biocombustíveis na diminuição do nível de gases do efeito estufa. Seu apoio político é essencial para garantir o nível e a continuidade da pesquisa e desenvolvimento de processos sustentáveis e para evitar que a opinião pública seja levada na direção oposta.

A Escola Brasileira de Química Verde trabalha há mais de dez anos na geração de conhecimentos sobre o assunto, na formação de quadros capacitados a transmiti-los em todos os níveis e na divulgação de suas implicações para a sociedade. Para tanto, dedicou o Encontro que comemora os seus dez anos de atividade aos conhecimentos e aplicações sustentáveis de átomos e moléculas e convidou educadores e pesquisadores para apresentar e discutir as suas ferramentas e métricas, elementos essenciais para a sua avaliação. Teve como base os resultados de ações mais recentes na investigação dos efeitos da pandemia na educação. Seus impactos foram analisados, no final do ano passado, através de uma oficina que reuniu especialistas nos assuntos mais relevantes e teve como consequência a ampliação da oferta de eventos para difundir os conceitos fundamentais da Química Verde que norteiam atualmente seu ensino e pesquisa. Apontou, inclusive, a considerável dimensão e variedade do universo de interessados no assunto..

O X Encontro da Escola Brasileira de Química Verde, realizado no dia 10 de novembro, pp, revelou o que já existe no país uma apreciável rede de instituições capacitada para enfrentar os desafios colocados para o Brasil nas discussões da COP 26, notadamente a Química Verde Circular e Sustentável. a Captura e Conversão de Gases do Efeito Estufa, Aplicações de Resíduos da Biomassa como Matérias Primas e Química Verde no Ensino Fundamental. O trabalho que conquistou o 1º lugar no Prêmio Professor Sucupira, abordou a Produção de Hidrogênio a partir da Palha de Cana.

A presente edição aborda dois eventos, um de natureza internacional, realizado pelo Green Chemistry Institute, nossa congênere na American Chemical Society (ACS), e outro pelo nosso parceiro, o ACS UFRJ Student Chapter, sob a forma de uma Escola de Inverno dedicada a elementos essenciais à divulgação da Química Verde em diferentes segmentos. Publica também o primeiro artigo convidado pelo Grupo de Trabalho em Educação que assessora o Corpo Editorial. Serve como exemplo do tipo de matéria de maior interesse para o Caderno.

A próxima edição será dedicada ao X Encontro da Escola Brasileira de Química Verde. As contribuições da Química e das Engenharias de Materiais e de Bioprocessos no Brasil à COP 26 serão destacadas.

Peter Seidl, Editor

A Aplicação de Microescala na Química Verde: Uma Proposta de Experimento Sustentável

Geovani Aristeu Lima Silva, Thainá Nascimento da Conceição Gomes e Suelen Stutz Gomes

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro – campus Duque de Caxias

geovaniaristeu@hotmail.com

Resumo

Iniciativas que prezam a eficiência de tudo aquilo que é criado e utilizado emergem com a urgência de se discutir um futuro mais sustentável. Propor atividades experimentais com menores quantidades de substâncias, gerando menos resíduos, é uma abordagem promissora para a formação de profissionais mais conscientes. Este artigo sugere um experimento em microescala – de fácil reprodução – e discute a necessidade de inserção dessa conduta na educação em Química.

Palavras-chave: Química Verde, Microescala, Experimento.

Introdução

Condutas ambientalmente amigáveis nem sempre são adotadas pelos espaços que estudam e/ou reproduzem transformações químicas da matéria. Encorajar profissionais ao manejo inteligente de suas reações e processos é um dos legados da Química Verde (QV). Com protagonismo no olhar sustentável da Química, a QV preza pela aplicação de condutas que reduzam ou eliminem o uso e a geração de substâncias nocivas à vida humana e ao ambiente (ANASTAS E WARNER, 1998). Como uma abordagem mais verde de se fazer ciência, gerar o mínimo de resíduos possível é essencial na atividade química cotidiana. Para cumprimento de tal objetivo, existem metodologias como a microescala, que visa reduzi-los significativamente (MOHAMED, ABDULLAH e ISMAIL, 2011).

Experimentos com reagentes em menores quantidades é uma das principais premissas da experimentação em microescala na educação em Química. Trabalhar tal metodologia para agregar valores à Química Verde é uma das formas relatadas na literatura para se

alcançar a educação para um futuro sustentável (SINGH, SZAFRAN e PIKE, 1999). Tendo em vista um futuro com práticas mais limpas, é essencial que haja amplo acesso a teorias e experimentos envolvendo métodos que tragam consigo essa reflexão. Através da inserção de uma metodologia experimental com baixíssima geração de resíduos, correlacionada com a Química Verde, este trabalho propõe um roteiro experimental acessível às mais diversas realidades da educação e que proporciona conteúdo teórico no mesmo nível daqueles que se isentam de ideais verdes.

Microescala

Embora pareça que seja somente a arte de miniaturizar a escala dos experimentos, a microescala pode ser uma metodologia complexa (recomendamos a leitura do trabalho de DUARTE, RIBEIRO e MACHADO, 2017), definida como “abordagem segura de prevenção da poluição usando quantidades significativamente reduzidas de produtos químicos” (ABDULLAH, MOHAMED e ISMAIL, 2009). Possui vantagens, como: (i) diminui a quantidade de substâncias envolvidas, (ii) reduz o tempo de reação, (iii) minimiza a quantidade de resíduos pós-síntese e (iv) benefícios econômicos pela redução do uso de reagentes.

A importância da integração entre microescala e QV em prol de procedimentos experimentais verdes

Há uma sequência de erros que se deve evitar: i) A atividade química diária em um laboratório, seja de ensino ou pesquisa, utiliza substâncias que podem ser nocivas; ii) A experimentação não desempenha seu real papel, sendo vista como uma técnica dentro das metodologias de ensino; iii) Por fim, as questões ambientais são pensadas após a geração de resíduos e não antes.

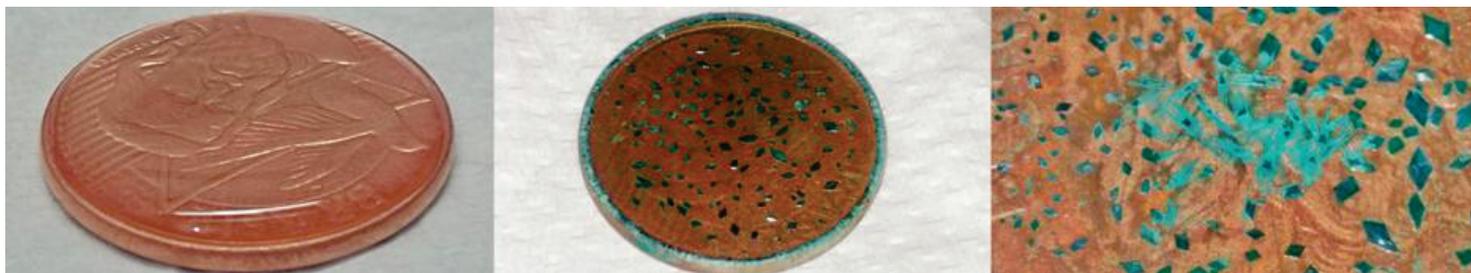


Figura 1 – Vinagre branco sobre a moeda e os cristais de $\text{Cu}_2(\text{OAc})_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ formados

A importância da integração entre microescala e QV em prol de procedimentos experimentais verdes

Há uma sequência de erros que se deve evitar: i) A atividade química diária em um laboratório, seja de ensino ou pesquisa, utiliza substâncias que podem ser nocivas; ii) A experimentação não desempenha seu real papel, sendo vista como uma técnica dentro das metodologias de ensino; iii) Por fim, as questões ambientais são pensadas após a geração de resíduos e não antes. Não há prevenção ou planejamento.

Da indústria à educação básica, desenhar experimentos que agreguem ideais verdes, é imprescindível para que a sustentabilidade deixe de ser teoria e se torne atitude responsável.

Priorizando ideais verdes, atividades laboratoriais podem repensar seu impacto, diminuindo o uso de reagentes e recursos, reproduzindo experimentos com menores quantidades, que por sua vez, geram menos resíduos.

Diariamente, protocolos experimentais são criados, refeitos, reproduzidos, replicados, e seus respectivos resíduos são tratados por remediação, quando o ideal seria repensar - previamente - sua geração.

Síntese do acetato de cobre (II) em microescala

A partir de buscas em bases de dados como Scopus, SciELO e *Science Direct*, um roteiro experimental verde para o ensino de Química pode ser proposto através do método descrito por Arroyo-Carmona *et al.* (2012), o qual traz a metodologia de síntese em microescala para o acetato de cobre (II).

A metodologia do experimento consiste em gotejar vinagre branco em uma moeda de cinco centavos, onde após sua evaporação, há formação de um complexo de cobre a partir da reação entre o ácido carboxílico (vinagre) e Cu, presente no revestimento da moeda (Figura 1).

Com o intuito de caracterizar o composto formado sobre a moeda, foi realizada a análise de Espectroscopia de Absorção no Infravermelho, em pastilhas KBr, em um espectrofotômetro PerkinElmer Frontier FT-IR/FIR (versão 10.4.2, número de série 98737).

O acetato de cobre (II) é caracterizado por meio de análise da intensidade dos picos: (i) De médios a fortes, picos nas regiões de 3476 , 3374 e 3272cm^{-1} , correspondentes ao estiramento do grupo O-H, são atribuídos às moléculas de água associadas ao íon acetato; (ii) Bandas mais fracas – relacionadas aos acetatos - são comumente encontradas nas regiões de 2988cm^{-1} e 2941cm^{-1} , correspondentes aos modos de estiramento de ligações C-H, assimétrico e simétrico, respectivamente, (iii) Na região de impressão digital, uma forte absorção de estiramento caracteriza o grupo COO^- em 1602cm^{-1} ; a absorção em 1445cm^{-1} é atribuída ao estiramento assimétrico do $-\text{CH}_2$, junto a um outro pico em 1421cm^{-1} , relacionado ao estiramento simétrico do grupo COO^- (BUSE, OTERO e MELO, 2019).

O espectro obtido foi comparado com a literatura e sugerem a presença de bandas nas mesmas regiões.

A presença de bandas correspondentes aos grupos O-H (H_2O associada ao íon acetato), C-H (grupo acetato) e

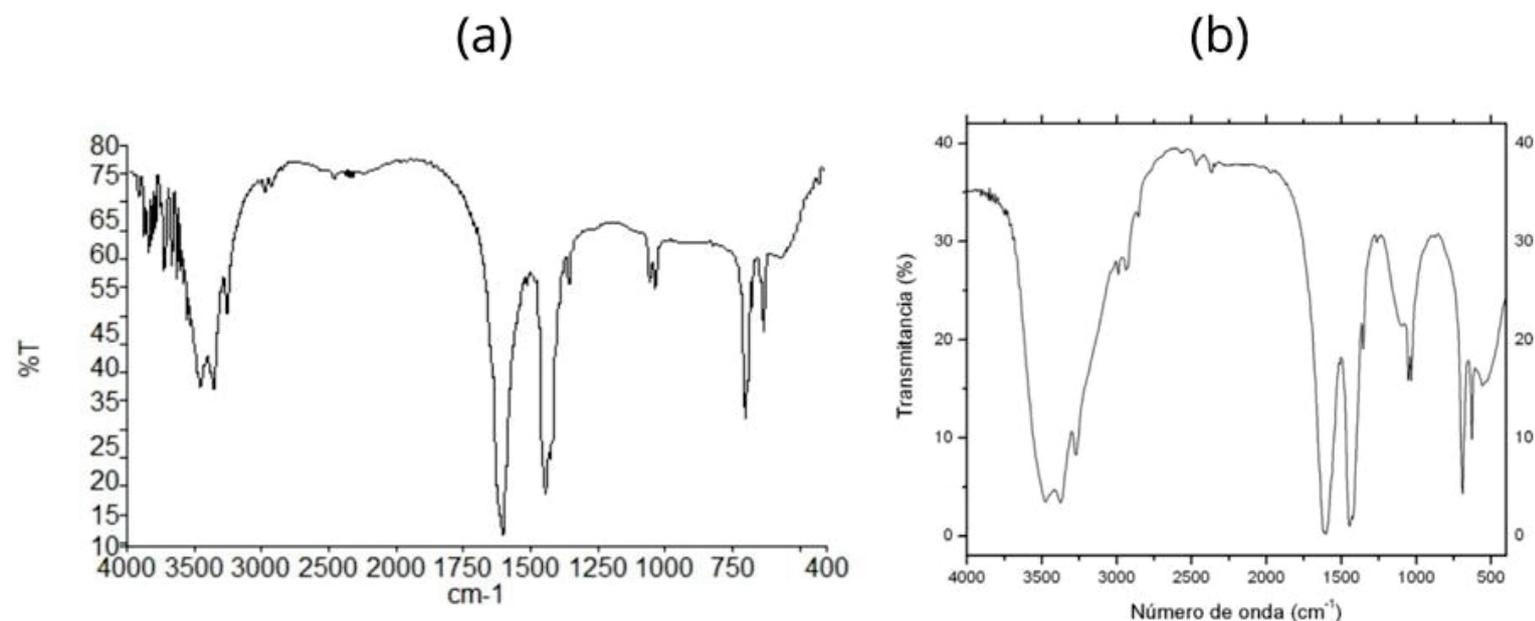


Figura 2 – Espectros de FTIR para o acetato de cobre (II) sintetizado (a) e o relatado pela por Arroyo-Carmona *et al.*, 2012 (b)

COO⁻ (carboxilato) foram confirmadas neste trabalho (Figura 2a), assim como no trabalho de Arroyo-Carmona *et al.* (2012) (Figura 2b), nas regiões de 3476-3272cm⁻¹, 2988-2941cm⁻¹, e 1602cm⁻¹, respectivamente.

Para fins de reflexão sobre diferentes metodologias em prol da síntese do mesmo composto, buscou-se na literatura outro método para a síntese do acetato de cobre (II).

Um método descrito por Fernandez e Marín (2000-2018) possui diversas etapas, aquecimento, diversos reagentes e etapas de purificação, bem diferente do proposto acima.

Aplicando os conhecimentos da Estrela Verde (EV), uma métrica holística semiquantitativa que avalia o quão verde é o experimento aplicado, nota-se visualmente que a verdura é mais expressiva para o experimento em microescala, quando comparado ao experimento encontrado na literatura (Figura 3a e 3b) na página ao lado.

Essa afirmação se justifica com base no chamado Índice de Preenchimento da Estrela, ou IPE, expresso em porcentagem. O IPE é um indicador numérico, que traduz o grau de cumprimento do processo estudado aos 12 princípios da QV (com exceção dos princípios 4 e 11, não aplicáveis ao ensino, pois não visa a síntese de

novos produtos).

Para cada princípio, atribui-se a pontuação de 1 a 3, sendo o 1 uma representação de prática benigna, com ótima verdura e bom cumprimento ao princípio, enquanto o 3 representa baixa verdura e riscos ao princípio em questão.

O IPE é expresso através da razão [(área da estrela/área verde da estrela de verdura máxima) * 100], sendo IPE=100 como a verdura máxima, enquanto o IPE=0 significa verdura mínima (RIBEIRO, COSTA e MACHADO, 2010).

Em síntese, a EV demonstra o quão próximo de uma conduta limpa está o experimento proposto, sendo de fácil execução por um docente e fácil compreensão pelos profissionais em formação, induzindo ao protagonismo do aluno na construção de reflexões críticas e saberes sustentáveis.

Através dessa métrica, uma atividade experimental ganha reforços para compreensão de seu impacto à saúde humana e ao ambiente.

Analisando a EV, o experimento em microescala se confirma como um procedimento ambientalmente amigável, apresentando o dobro de índice de preenchimento da prática proposta por Fernandez e Marín (2000-2018).

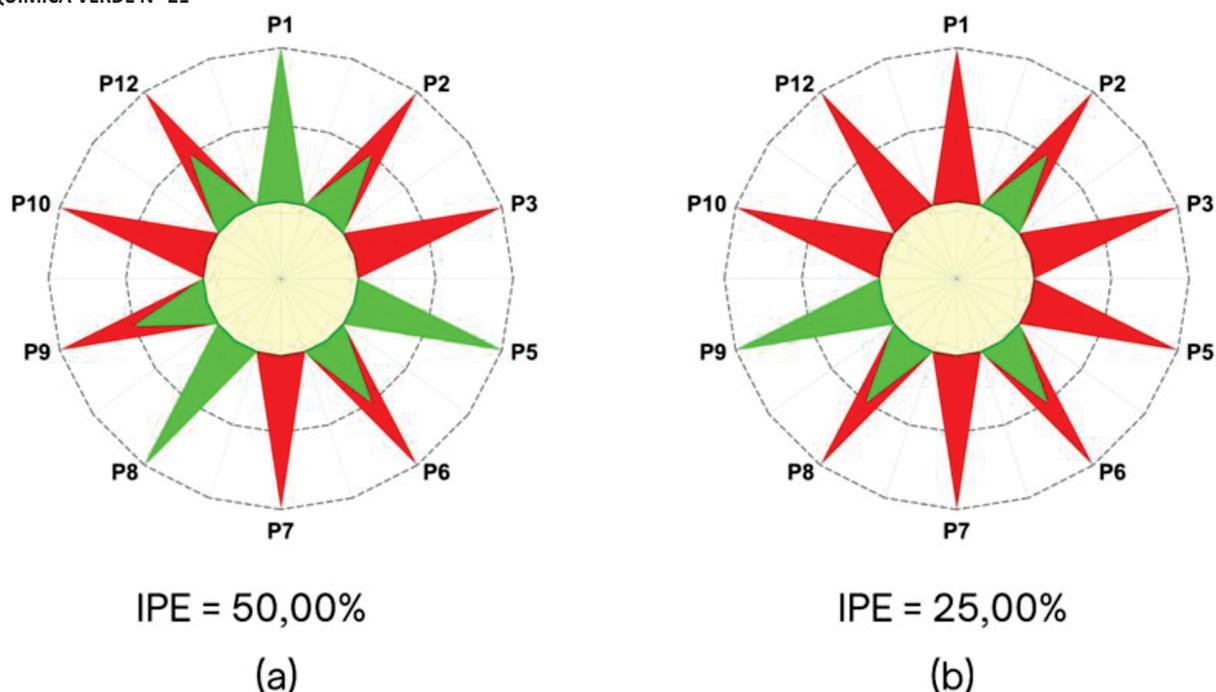


Figura 3 – Estrela Verde para a síntese do acetato de cobre (II) em: (a) microescala e (b) na metodologia de Fernandez e Marín (2000-2018). Fonte: RIBEIRO e MACHADO, 2014

Conclusões

Essencialmente, a microescala traduz esforços para minimizar quantidades de produto, enquanto a Química Verde é um conceito direcionado à eliminação do que é tóxico, nocivo, e de resíduos. Com a aplicação de uma metodologia simples e em pequena escala foi possível alinhar a proposta da microescala, em minimizar quantidades de produto, com os objetivos da Química Verde de eliminar ou reduzir resíduos. A Estrela Verde contribuiu para uma visão geral dos impactos dos experimentos, visão essa que tende a se fragmentar quando há execução de muitas etapas.

O uso de materiais acessíveis em todos os níveis de ensino, como o vinagre e moeda revestida de cobre utilizados neste trabalho, demonstra um caminho mais responsável para com a formação de futuros profissionais e a conduta de atividades químicas mais limpas. Podemos concluir que o experimento proposto traduz posturas ambientalmente amigáveis, sendo de fácil execução aos diversos níveis da educação, agregando valores imprescindíveis aos profissionais de Química e cidadãos de um futuro sustentável.

Referências

ABDULLAH, M.; MOHAMED, N.; ISMAIL, Z. H. The effect of an individualized laboratory approach through microscale chemistry

experimentation on students' understanding of chemistry concepts, motivation and attitudes. *Chemistry Education Research and Practice*, v. 10, n. 1, p. 53-61, 2009.

ARROYO-CARMONA, R. E. *et al.* Síntesis microquímica y microelectroquímica de acetato de cobre (II) a partir de vinagre: Un ejemplo de química verde. *Educación química*, v. 23, p. 127-135, 2012.

ANASTAS, P. T.; WARNER, J. *Green Chemistry: Theory and Practice*. Oxford University Press: New York, p. 11-52, 1998.

BUSE, J.; OTERO, V.; MELO, M. J. New insights into synthetic copper greens: the search for specific signatures by Raman and infrared spectroscopy for their characterization in medieval artworks. *Heritage*, v. 2, n. 2, p. 1614-1629, 2019.

DUARTE, R. C. C.; RIBEIRO, M. G. T. C.; MACHADO, A. A. S. C. Reaction scale and green chemistry: Microscale or macroscale, which is greener?. *Journal of Chemical Education*, v. 94, n. 9, p. 1255-1264, 2017.

FERNÁNDEZ, J. M. L. L.; MARÍN, J. R. B. *Experimentación en Química Inorgánica*. Universidad de La Rioja. p. 5-6, 2000-2018. Acesso em 18 jul 2021. Disponível em: <<https://www.unirioja.es/dptos/dq/docencia/material/eqi/EQI.pdf>>

MOHAMED, N.; ABDULLAH, M.; ISMAIL, Z. Ensuring sustainability through microscale chemistry. In: SANGHI, R.; SINGH, V. (Eds.). *Green chemistry for environmental remediation*. New Jersey: Wiley-Scrivener, 2011. p. 119-136.

RIBEIRO, M. G. T. C.; COSTA, D. A.; MACHADO, A. A. S. C. Uma métrica gráfica para avaliação holística da verduza de reacções laboratoriais-" Estrela Verde". *Química Nova*, v. 33, p. 759-764, 2010.

SINGH, M. M.; SZAFRAN, Z.; PIKE, R. M. Microscale chemistry and green chemistry: complementary pedagogies. *Journal of Chemical Education*, v. 76, n. 12, p. 1684, 1999.

RIBEIRO, M. G. T. C.; MACHADO, A. A. S. C. *Construção da Estrela Verde*, 2014. Disponível em: <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/construcao_ev>. Acesso em: 18 jul 2021.

O Jubileu de Prata da Conferência Anual de Química e Engenharia Verde

JOIN ACS JOURNALS AT THE
25th Annual Green Chemistry & Engineering Conference
JUNE 14-18, 2021 | VIRTUAL CONFERENCE



O Annual Green Chemistry & Engineering (GC&E) Conference, promovido pelo Green Chemistry Institute da American Chemical Society (ACS) celebrou a sua 25ª edição de 14 a 18 de junho através de um evento virtual dedicado ao tema: Produção Sustentável para avançar a Economia Circular.

As conferências plenárias couberam à Eunice Heath, Dow; Gregg Beckman, National Renewable Energy Laboratory; Frank Gupton, Virginia Commonwealth University e Amy Prieto, Colorado State University e aos vencedores do ACS Sustainable Chemistry & Engineering Lectureship Awards, respectivamente, Jun Huang, The University of Sydney; Jeremy Luterbacher, Swiss Federal Institute of Technology, Lausanne e Meagan Mauter, Stanford University.

As sessões de Posters foram realizadas diariamente, proporcionando uma oportunidade de discussão dos trabalhos através das salas virtuais dedicadas à cada apresentação. O networking virtual sobre tópicos como: salas de aula, publicações de livre acesso e a evolução da pesquisa até a sua comercialização dominaram estas discussões ao longo do evento.

Os participantes puderam escolher entre oito simpósios realizados simultaneamente cobrindo tópicos

como: abordagens mais verdes à química orgânica, síntese de peptídeos e oligômeros, química de fluidos, biocatálise e catálise por metais abundantes na terra, por exemplo.

Abordagens sustentáveis em diferentes indústrias, como as de insumos domésticos, cuidados pessoais, petroquímica, agricultura e produtos farmacêuticos, por exemplo, foram também discutidas. Educadores se reuniram para comparar notas sobre a integração de abordagens sistêmicas e das Metas de Desenvolvimento Sustentável da ONU em seus respectivos currículos e comparar estratégias para a adaptação do ensino virtual às aulas e práticas de laboratório.

Foram oferecidos também uma sessão sobre carreiras em Química Verde e oficinas sobre toxicologia e sobre comunicação científica efetiva da ACS.

Mais de 1300 participantes de 55 países se inscreveram no evento. Por sinal, a Conferência de 2020 foi a primeira da ACS a ser realizada virtualmente. No entanto, os organizadores esperam que o próximo, previsto para Reston, no Estado da Virgínia, nos EUA, para 4 a 8 de junho de 2022, volte ser presencial.

Nota do editor:

O Caderno de Química Verde agradece à Jennifer MacKellar, do GCI/ACS pelas informações.

A Escola de Inverno de Química Verde

O ACS UFRJ Student Chapter realizou de 30 de agosto a 2 de setembro sua I Escola de Inverno, dedicada a Tópicos Especiais em Química Verde: a integração entre as perspectivas atuais e a ambientação curricular. Constatou-se de palestras, mesas redondas, oficinas e um minicurso, sendo realizada em formato virtual.

Na sessão de abertura Estevão Freire traçou a evolução da EBQV através dos Encontros realizados anualmente a partir de sua criação em 2011 até o início da pandemia, no ano passado. Estes eventos resultaram de uma oficina que preparou um roadmap para sua atuação e definiu suas linhas de trabalho.

Rafaela Martins apresentou um vídeo sobre as atividades realizadas entre 2011 e 2016 detalhando as iniciativas no sentido de estabelecer uma percepção de valor pela sociedade e destacando a importância de atividades do tipo "mão na massa" (como um esmalte renovável) e demonstrações simples e seguras.

Frederico Schoene ressaltou a importância da comunicação no ensino/aprendizado e dos trabalhos sobre a introdução de conceitos de QV no ensino fundamental, lembrando a importância de sua inclusão no ENEM.

José Vitor Bomtempo, da Escola de Química da UFRJ, apresentou uma palestra sobre a Bioeconomia, apontando os seus pontos-chave, inclusive aspectos que nem sempre são levados em consideração, como as adaptações necessárias no modelo de negócios. Ele apresentou vários casos de empresas que atuam na área e analisou as suas trajetórias nos últimos anos.

O evento contou com um curso e várias oficinas, como a de Queli Aparecida Passos e Tiago Averso, sobre experimentos de Química Verde em todos os níveis de educação, apresentados através de vídeos.

Nota do editor:

O Caderno de Química Verde agradece à Silmara Furtado da ACS UFRJ Student Chapter pelas informações



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, que apontem a sustentabilidade dos processos envolvidos.

Editor Responsável:
Peter Rudolf Seidl.

Consultor Senior:
Celso Augusto Caldas Fernandes.

Contato:
quimicaverde@eq.ufrj.br
É permitida a reprodução de matérias desde que citada a fonte.
Os textos assinados são de responsabilidade de seus autores.

Conselho de Redação:
Estevão Freire, Julio Carlos Afonso,
Rafaela Nascimento Martins.

Diagramação e arte:
Adriana dos Santos Lopes.