

CADERNO DE QUÍMICA VERDE

Ano 6 - Nº 20 - 1º semestre de 2021

14-2 Editorial

14-3 Depoimentos:
Vencedoras do
Prêmio Arikerne
Sucupira de
Incentivo à
Química

14-5 A Importância da
Correta
Segregação para
Viabilização
da Recuperação e
Reuso de
Solventes Orgânicos
Presentes em
Resíduos

14-13 Caderno Especial
Março 2021
(Reprodução)

Neste Caderno

14-7

QUÍMICA VERDE

Eventos



**Oficina Relâmpago:
“Ensino de Química
Verde - Do Berço
a um Novo Berço”**

Editorial

Quais serão os impactos da Covid sobre a Química Verde?

Quando tudo parece que vai voltar ao normal e o pior passou, aparece uma nova cepa do vírus (em alguns casos mais transmissível e/ou letal) e os questionamentos sobre a eficácia das medidas adotadas voltam à discussão. Como as vacinas ainda estão fora do alcance da maior parte da população mundial ainda é cedo para ver alguma luz ao final do túnel. Quando muito se pode analisar tendências e gerar previsões sobre seus impactos.

Notícias sobre a assinatura de acordos internacionais e de compromissos assumidos por empresas e governos para estimular o verde parecem indicar um viés muito positivo. A ênfase na sustentabilidade e mitigação das mudanças climáticas, assim como nas medidas adotadas para recuperar a economia e o nível de emprego deram enorme impulso à pesquisa e desenvolvimento de processos sustentáveis. O grande público está tomando conhecimento do que é a economia verde, da necessidade de reciclar e reaproveitar tudo que é produzido, e do papel das matérias primas renováveis e biocombustíveis para diminuir o nível de gases do efeito estufa.

Grandes mudanças ainda estão por vir! Os problemas com cadeias produtivas: falta de matérias primas ou componentes, interrupções na fabricação ou distribuição, ou mesmo falhas nos sistemas de segurança, logística ou comunicação, resultaram numa profunda análise e reavaliação dos objetivos e estratégias corporativas atualmente praticadas. Soluções que até recentemente eram bem-vindas, como a construção de hidroelétricas ou o cultivo de espécies para a produção de matérias primas ou combustíveis, podem levar a graves consequências. Ao atingirem escalas compatíveis com o crescente volume e níveis de exigência dos seus consumidores mundiais, tendem a gerar mudanças no clima e regimes hidrológicos. Até a economia de um país pode ser afetada por estas mudanças pois podem atingir o câmbio ou perfil de emprego. Um “novo normal” promete ser bastante diferente do atual.

Com relação às questões que afetam a sociedade em geral, os impactos são extremamente preocupantes. O desnível de renda entre camadas da população de vários países aumenta cada vez mais e o acesso às escolas já está seriamente comprometido. A educação, ingrediente essencial para o progresso social e integração de pessoas em atividades mais condignas, sofreu enormes retrocessos. A identificação de problemas que admitem ações corretivas de aplicação imediata é, portanto, da maior urgência.

Em termos do ensino da Química Verde, esta edição do Caderno reflete ações recentes no sentido de investigar os efeitos da pandemia. Seus impactos foram analisados numa oficina que reunia especialistas nos assuntos considerados mais relevantes. Uma das suas principais fontes de informações foi um curso de extensão oferecido para difundir os conceitos fundamentais da Química Verde que norteiam atualmente seu ensino e pesquisa. Revelou, inclusive, a considerável dimensão e variedade do universo de interessados no assunto e levou à imediata adoção de duas providências: 1ª) Organizar mais oficinas virtuais curtas e de foco concentrado na análise do ensino de Química Verde nas atuais condições; 2ª) Aumentar a frequência da divulgação de informações sobre a Química Verde em português, enfatizando também o seu ensino e divulgação em todos os níveis.

A primeira destas oficinas foi realizada em novembro passado e tratou questões relativas ao ensino remoto. Suas abordagens e resultados são analisados em Eventos e as respectivas conclusões subsidiarão a organização das próximas oficinas. Os Depoimentos refletem as motivações e metodologias de professores e alunos que servem de exemplo para seus futuros colegas. O artigo técnico aponta uma aplicação prática da Química Verde a um problema importante do ensino experimental, a disposição de seus resíduos.

O aumento no volume e frequência de informações resultou no lançamento de edições especiais do Caderno enquanto a ênfase em ensino levou a inclusão de novos integrantes no seu Conselho Editorial e de informações mais específicas sobre o seu conteúdo. A primeira destas edições proporcionou uma abordagem atualizada dos avanços do país na área de biocombustíveis, apresentou um potencial parceiro na geração de recursos didáticos, o Beyond Benign. e apontou as vantagens da máscara de algodão na proteção do vírus do Covid. Estas matérias estão incluídas ao final do Caderno.

Peter Seidl, Editor

Depoimentos

Vencedoras do Prêmio Arikerne Sucupira de Incentivo à Química 2020

O Prêmio Arikerne Sucupira de Incentivo à Química é oferecido anualmente pela Escola Brasileira de Química Verde com o objetivo de premiar alunos de pós-graduação que se destacam em estudos na área de Química Verde (ver Caderno 7, pp 28-19 e 20). Devido a pandemia, sua edição de 2020 foi realizada durante a Oficina Relâmpago e dedicada ao ensino. Constatou-se do preparo de uma aula ou palestra em lugar de um trabalho científico, premiando também um professor (ver Caderno. Edição Especial, Mar 21, p 8).

O Prêmio Professor Arikerne Sucupira 2020 foi conferido à Professora Suyane David Sá de Alvarenga do Instituto Federal do Rio de Janeiro e à aluna Aline Souza Tavares, do Programa de Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos da EQ/UFRJ durante à tarde do evento. Ambas as vencedoras abordaram o ensino de Química Verde de maneira criativa, evidenciando um alto nível de conhecimento dos temas e de como adequar a sua abordagem ao perfil dos alunos aos quais foram dirigidos. A professora Suyane Alvarenga apresentou uma proposta de aulas remotas sobre experimentação em Química Verde para alunos do Ensino Médio e/ou Técnico. A proposta consiste em aulas síncronas e assíncronas abordando tópicos como sustentabilidade, avaliação do ciclo de vida, doze princípios, métricas, segurança química, pegadas ecológicas, biocombustíveis, biocatálise, economia circular, entre outros. A aluna Aline Tavares propôs a disseminação dos conceitos de Economia Circular e

seus modelos de negócios juntamente com os conceitos de Química Verde no Ensino Médio. Segundo a aluna, a associação desses conceitos e a apresentação de casos reais de sucesso desses modelos de negócios pode ajudar a compreensão dos conceitos de sustentabilidade no Ensino Médio. Sigam seus respectivos depoimentos.

Suyane Alvarenga



Juliana, Suyane e Julia

O reconhecimento de um trabalho vencedor do Prêmio Professor Arikerne Sucupira é extremamente gratificante e motivador. O trabalho “*Experimentação em Química Verde no ensino médio: uma proposta para aulas remotas*” foi idealizado pela Professora Juliana Brandão (CEFET/RJ) e Doutoranda em Ciência, Tecnologia e Educação (PPCTE-CEFET/RJ), e faz parte do seu projeto de doutorado, orientado por Alvaro Chrispino (CEFET/RJ) e Viridiana Leitão (INT). O desenvolvimento das aulas conta com a minha parceria, Professora Suyane Alvarenga (CEFET/RJ) e Doutora em Química (IQ/UFRJ) e da Professora Júlia Bouzon (Colégio Pedro II) e

Doutoranda em Ciência, Tecnologia e Educação (PPCTE-CEFET/RJ). Nós três somos professoras de química e atuamos no Ensino Médio destas Instituições Federais. Desta forma, por conhecermos e vivenciarmos a realidade curricular neste segmento é que percebemos a necessidade de se abordar os conceitos da Química Verde dentro deste cenário escolar. Acreditamos que essas aulas contribuirão para a superação de um ensino essencialmente conteudista e para a formação de indivíduos mais críticos em relação ao meio ambiente. Essa perspectiva nos motiva constantemente a buscar abordagens de ensino nas quais o estudante seja protagonista em seu processo de aprendizagem e não meramente espectador de conteúdos transmitidos por nós, professoras.

Aline Tavares



Eu sou Engenheira de bioprocessos, formada pela Escola de Química da UFRJ (EQ/UFRJ) em 2016, Mestra em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos em 2018 e doutoranda em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos da EQ/UFRJ. A Engenharia de Bioprocessos é um curso com foco no desenvolvimento de processos biotecnológicos, como biocombustíveis, biomateriais, biofármacos, gestão e inovação tecnológica, entre outros. Desse modo, o curso oferece uma gama de conteúdos que muito agregam na formação do indivíduo para a química verde, processos e produtos renováveis, atingimento das metas globais de sustentabilidade, entre outros. Por ser transversal a esses assuntos, a Economia Circular foi tema central da minha

dissertação de Mestrado, que estudou a cadeia da indústria química no contexto do modelo circular, e permanece na tese de doutorado, orientada pela Professora Suzana Borschiver, com foco na construção de um Roadmap Tecnológico da Economia Circular e seus modelos de negócios.

Desde 2018, atuamos no projeto de extensão “Catalisando a Economia Circular”, coordenado pela professora Suzana, no qual sou vice-coordenadora, e tem como objetivo fazer chegar o conhecimento à comunidade externa da universidade por meio do blog de Economia Circular, palestras, cursos e criação de conteúdo nas redes sociais. Em meados de novembro de 2020, o grupo de vestibulandos denominado “Se Avexe não”, ao conhecer o conteúdo construído pelo projeto no Instagram (@neitec_ufrj e @economicircular_neitec), nos demandou uma palestra com a finalidade de conhecer melhor esse tema. O grupo é formado por graduandos e vestibulandos de medicina do Recife, que buscam agregar conhecimentos e experiências nesta etapa da jornada estudantil. Diante disso, vimos a necessidade de se ampliar mais o escopo da apresentação e propor o ensino da química verde e da economia circular para alunos de Ensino Médio no Workshop de Ensino em Química Verde. A metodologia de aprendizado proposta consistiu na análise de estudos de caso de sucesso nacionais e internacionais, mostrando os principais *players*, os processos e produtos que vem sendo desenvolvidos, bem como os possíveis impactos nas cadeias produtivas, além de exercícios com questionário e uso da gamificação para aplicação dos conceitos aprendidos de forma mais dinâmica. O aluno poderá, então, se formar mais engajado e com uma visão sistêmica da sustentabilidade que a sociedade precisa para se tornar mais resiliente. Assim, foi uma grande honra receber o prêmio “Professor Arikerne Sucupira”, dada a sua ilustre trajetória na indústria química brasileira, mostrando que cada vez mais os temas abordados estão alinhados com a demanda da sociedade em processos mais sustentáveis e inclusivos.

A Importância da Correta Segregação para Viabilização da Recuperação e Reuso de Solventes Orgânicos Presentes em Resíduos

Maria V. S. Cuconato; Marcelo O. Q. de Almeida; Erika C. A. N. Chrisman
Departamento de Processos Orgânicos, Escola de Química - UFRJ

Introdução

O desenvolvimento de produtos e processos químicos menos nocivos ao meio ambiente e à saúde humana deve ser um objetivo cada vez mais buscado pelas indústrias e pelo meio acadêmico. O mesmo pode ser alcançado, se utilizando de dois dos princípios da Química Verde, que são a redução do uso de solventes e a prevenção à formação de resíduos.

A maioria das indústrias possui um sistema de gestão de resíduos, que garante o tratamento e permite o reuso dos solventes utilizados, diminuindo a geração de rejeitos. Isso ocorre, em parte, devido à existência de leis ambientais regulamentadas, bem como, devido ao intuito das empresas de diminuir os custos associados com o descarte dessas substâncias.

Já no caso das universidades, nota-se que não são todos os laboratórios que possuem essa preocupação. Assim, a universidade acaba por descartar seus resíduos, sem a tentativa de avaliação ou tratamento do mesmo. Essa prática pode levar à compra de mais solventes para atender a demanda de uso, mais resíduo gerado e ainda uma possibilidade de contaminação ambiental. Isso ocorre, principalmente, porque a escala de volume utilizada nos procedimentos realizados em cada laboratório tende a formar quantidades reduzidas de cada resíduo, o que faz com que os pesquisadores não pensem em aproveitar os componentes desses rejeitos e apenas tomem o cuidado de armazená-los em recipientes de acordo com suas classes.

Essa postura pode causar a formação de misturas complexas, que inviabilizam a recuperação e, conseqüentemente, o reaproveitamento dos solventes existentes nesses rejeitos.

Como é justamente a universidade que ensina sobre a preocupação crescente relacionada a destinação correta de resíduos, a busca pela minimização de impactos

ambientais e a importância de um olhar Verde sobre os processos como um todo.

A possibilidade de a mesma implementar esses princípios em seus próprios laboratórios de pesquisa e de formação universitária, de uma forma mais efetiva, se torna uma prática a ser considerada.

Recuperação

Assim, o Laboratório DOPOLAB preocupado em alertar e auxiliar a comunidade acadêmica a ter um olhar mais sustentável em relação às suas atividades, propôs a criação de uma cartilha educacional para orientar outros laboratórios a planejarem a segregação de seus resíduos, permitindo que diminuam seu volume de rejeitos formados e viabilizem o reuso dos solventes, evitando a compra de novos materiais. Nesta cartilha, o DOPOLAB sugere o uso de segregação específica dos resíduos, como forma de promover uma recuperação viável dos solventes presentes.

Para reforçar a importância de uma segregação específica, o DOPOLAB realizou estudos de caso demonstrando que a segregação comum, considerando apenas a classificação das substâncias, nem sempre é suficiente para permitir a recuperação dos solventes presentes no efluente. Isso ocorre pois ao se juntar diferentes efluentes de uma mesma classe, os componentes presentes podem formar misturas azeotrópicas, que podem interagir entre si ou podem ter pontos de ebulição muito próximos, problemas estes que dificultariam suas separações.

A partir da análise crítica dos estudos de caso em efluentes de laboratórios da UFRJ, foi possível definir as melhores técnicas de recuperação para cada caso, e a forma e importância da realização de uma segregação eficiente para permitir a aplicação dessas técnicas de forma sistemática e eficiente.

Estudos de Caso

O primeiro estudo de caso foi feito para avaliar a recuperação de um resíduo clássico de um laboratório, segregado apenas com base em sua classe: orgânico não-halogenado, contendo uma mistura de acetona (PE 56°C), metanol (PE 64,7°C), água (PE 100°C), tolueno (PE 110,6°C) e querosene (PE 150-200°C). A tentativa de recuperação dos solventes foi feita por destilação do resíduo em uma coluna de Vigreux.

O tempo gasto nessa destilação foi de aproximadamente quatro horas, e resultou em três frações: a primeira obtida entre 40 e 102 graus, provavelmente contendo acetona, metanol e água. Estes solventes não conseguiram ser separados devido à proximidade dos pontos de ebulição e à formação de azeótropos entre a acetona e o metanol.

A segunda fração foi obtida entre 102 e 130 graus, e continha prioritariamente tolueno, mas, provavelmente estava contaminado com água e outras impurezas devido a faixa de destilação obtida. A fração mais pesada foi obtida entre 130 e 175°C, faixa do querosene, substância de maior interesse a ser reutilizada, mas que apresentava uma coloração rosada e quando aquecida, gerava um gás amarelado no condensador, indicando contaminação por nitrogênio. Para a purificação do querosene obtido, foi necessária a passagem deste em uma coluna com sílica, e posterior agitação com aquecimento leve por 12 horas. Todo este tratamento promoveu uma redução considerável do volume obtido para seu reuso, reduzindo a eficiência da recuperação por esta técnica.



Coluna de destilação de Vigreux

Com isso, foi possível concluir que a segregação, assumindo apenas as classes de resíduos, não foi suficiente para viabilizar a recuperação deste resíduo estudado.

O próximo estudo de caso foi de uma mistura de apenas três componentes: água,

acetona e um resíduo de extração de cogumelos. O tratamento envolveu também uma destilação utilizando um rotaevaporador.



Rotaevaporador

Em aproximadamente duas horas e meia, foi recuperado 54% da acetona com mais de 99% de pureza, que pôde ser totalmente reaproveitada em novos experimentos. Também foi possível recuperar 30% de água limpa, reduzindo o rejeito a ser realmente descartado para apenas 16% do resíduo inicial, diminuindo a quantidade e os custos com o descarte e a compra de novos solventes. Porém, isso não é suficiente para provar que todos os resíduos com menos componentes conseguem ser recuperados.

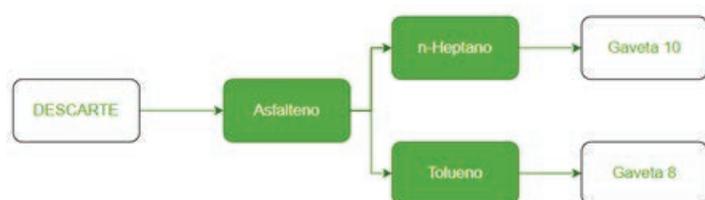
Um terceiro estudo de caso, contendo o resíduo de análises de asfalteno, continha a matriz oleosa e os solventes tolueno e n-heptano, ambos solventes orgânicos não-halogenados, armazenados no mesmo recipiente de acordo com sua classificação. Esses solventes formam uma mistura azeotrópica, impedindo que a recuperação destes solventes seja plena, pois parte das duas substâncias irão continuar como mistura azeotrópica.

Assim, para contornar essa situação, foi proposta uma segregação mais específica, visando obter a recuperação plena desses solventes no final. Para isso, o n-heptano e o tolueno foram segregados logo no início, não sendo misturados e descartados no mesmo recipiente, e sim alocados em recipientes individualizados, fato este possível já que, durante a análise de asfaltenos, eles não são misturados.

A destilação do n-heptano segregado, ou seja, contendo apenas o resíduo de matriz oleosa e o n-heptano, foi feita comparando três técnicas de destilação utilizando: coluna recheada com anéis de vidro, ou com anéis de aço inoxidável ou diretamente no rotaevaporador.

Os resultados foram analisados por cromatografia gasosa, e apresentaram purezas acima do valor comercial em todas as técnicas testadas.

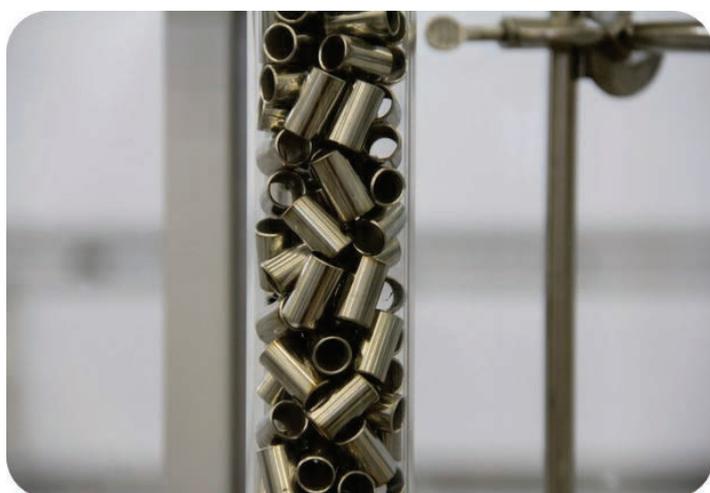
A partir dessas informações, foi elaborado um fluxograma de segregação para a análise de asfalteno, e, analogamente, para todas as práticas que são realizadas no referido laboratório, contribuindo para recuperar cada vez mais solventes e reduzir a quantidade de rejeitos gerados. E essa ideia é parte integrante da cartilha proposta como forma de viabilização de mapas de segregação individualizados para cada laboratório que permitam a recuperação e reuso de substâncias.



Fluxograma de Segregação dos Solventes n-Heptano e Tolueno

Por último, foi avaliado também a possibilidade de junção de resíduos de diferentes laboratórios, como forma de viabilizar economicamente os casos de baixa quantidade individualizada de resíduos em cada laboratório. Foram misturados os resíduos de recuperação de acetona de uma matriz contaminada com gordura e de acetona de matriz vegetal, apresentada anteriormente.

Foi possível recuperar a acetona mesmo na



Anel de Raschig de inox

presença de diferentes matrizes. Assim, é possível imaginar uma logística de centralização de resíduos de diferentes fontes e diferentes laboratórios, com vistas a viabilização de recuperação e reuso de solventes.

Este fato foi o precursor da iniciativa “EQ Resolve” da Escola de Química, que tem, entre outros, um foco em viabilizar a recuperação de solventes garantindo que, mesmo quando um laboratório gera apenas pequenas quantidades de um resíduo, ele seja recuperado, junto ao resíduo de outros laboratórios, prevenindo uma possível contaminação ambiental e auxiliando na redução de custos com novas aquisições de solventes.

Considerações Finais

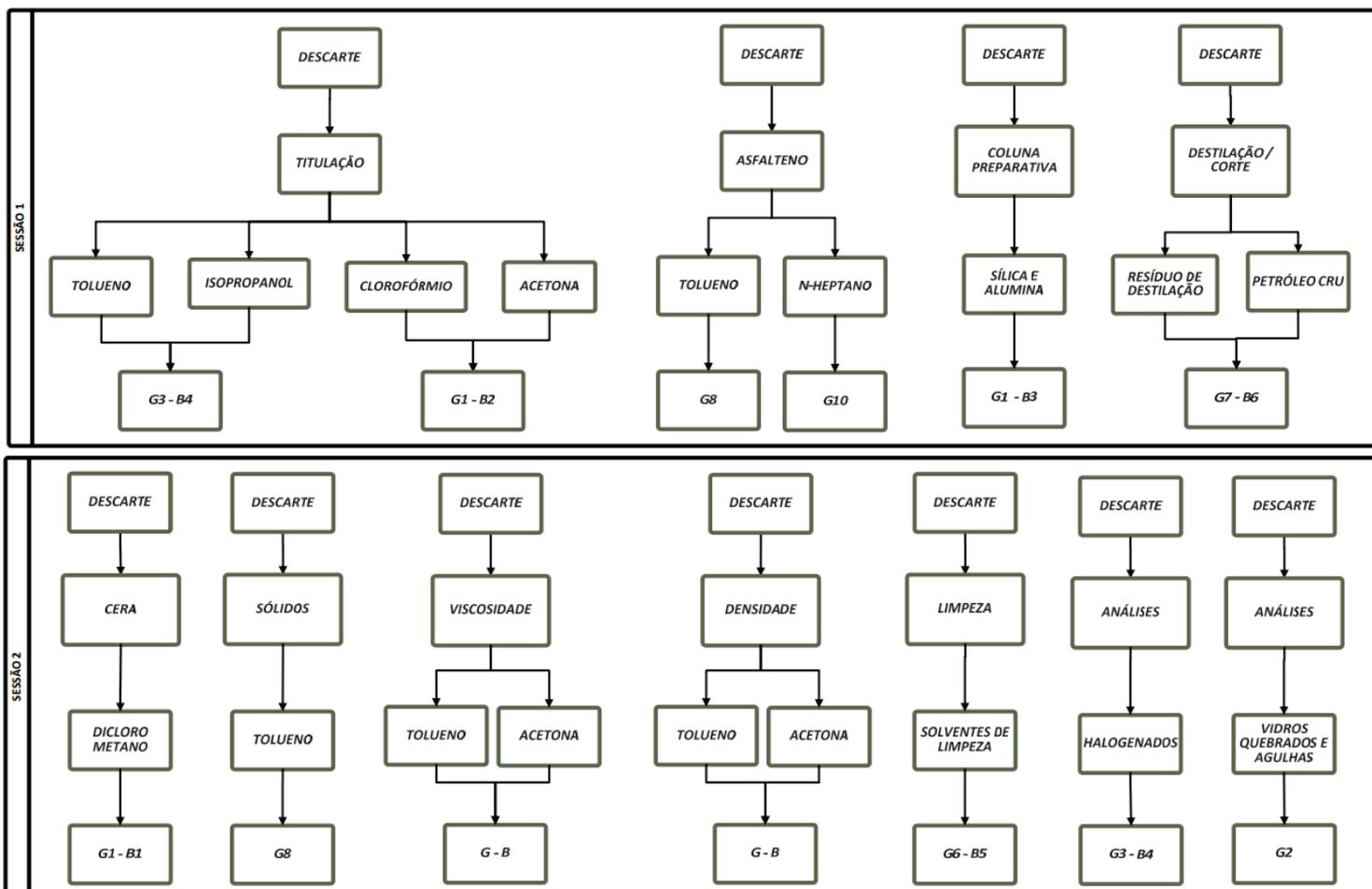
A criação do mapa de segregação do laboratório DOPOLAB inspirou a criação de uma Cartilha Educacional (ver na página ao lado) para orientar outros laboratórios a elaborarem os seus próprios fluxogramas e, assim, fazerem um melhor gerenciamento dos seus resíduos.

A Cartilha contém procedimentos indispensáveis a serem feitos durante o processo de descarte para garantir a eficiência da recuperação, definidos com base em análises bibliográficas e nos estudos de caso apresentados.

O próximo passo a ser feito é a distribuição dessa cartilha para implementação nos laboratórios da universidade, processo no qual a equipe do laboratório se disponibiliza a ajudar ativamente na elaboração dos fluxogramas de segregação e a identificar as melhores técnicas de recuperação para os solventes desejados, analisando individualmente os resultados esperados e os procedimentos a serem realizados.

Com isso, mais laboratórios estarão aplicando os princípios da Química Verde, reduzindo a quantidade de resíduos gerados e a quantidade de solventes gastos, através da aplicação de uma segregação que permita a recuperação de solventes.

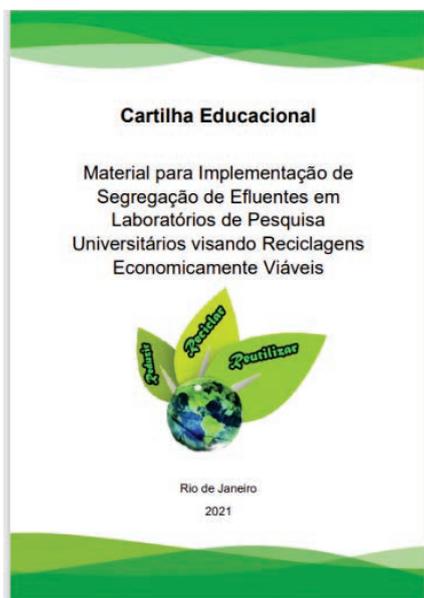
Ao mesmo tempo, com essa ação é possível também reduzir os custos com o descarte do rejeito e com a compra de novos solventes, sendo benéfico tanto economicamente quanto ao meio ambiente.



OBS: OS SOLVENTES DESCARTADOS PODEM CONTER FRAÇÕES DA MATRIZ DAS AMOSTRAS.

G = Gaveta / B = Bombona

Mapa de Segregação do Laboratório DOPOLAB para Exemplificação



★★★

Referências Bibliográficas

⇒ ALMEIDA, M. O. Q.; MENECHINI, P. O.; CHRISMAN, E. C. A. N. Comparação de Metodologias para Reaproveitamento de Solventes e

Redução de Impactos Ambientais. In: COBEQ, Vol. 1, 2016, Fortaleza. Disponível em: <https://proceedings.science/proceedings/44/_papers/38842/download/fulltext_file3>
⇒ ORIQUI L. R., MORI M., WONGTSCHOWSKI P. Definição de Prazo de Validade e Revalidação de Produtos Químicos. In: COBEQ, 20., 2014, Florianópolis. Disponível em: <<http://pdf.blucher.com.br.s3-sa-east1.amazonaws.com/chemicalengineeringproceedings/cobeq2014/1939-16775-178826.pdf>>
⇒ SANTOS, M. B. P. Estudo e Proposta para Estabelecimento de Critérios para Revalidação de Reagentes Fora da Validade no Laboratório de Medicamentos, Cosméticos e Saneantes do Departamento de Química do Instituto Nacional de Controle de Qualidade em Saúde. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialista em Vigilância Sanitária) – Programa de

Pós-Graduação em Vigilância Sanitária, Instituto Nacional em Controle de Qualidade em Saúde. Fundação Oswaldo Cruz, 2016.
⇒ FORTI, M. C., ALCAIDE, R. L. M. Normas de procedimentos para separação, identificação, acondicionamento e tratamento de resíduos químicos do laboratório de aerossóis, soluções aquosas e tecnologias – Laquatec. Disponível em: <<http://mtcm16d.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtcm19/2011/06.03.13.30/doc/publicacao.pdf>>
⇒ LENARDÃO, E. J.; FREITAG, R. A.; DABDOUB, M. J.; BATISTA, A. C. F.; SILVEIRA, C. C. "Green chemistry" - Os 12 princípios da química verde e sua inserção nas atividades de ensino e pesquisa. Química Nova, vol. 26, no. 1, São Paulo, Jan-Fev/2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422003000100020>



QUÍMICA VERDE

Eventos

Oficina Relâmpago

“Ensino de Química Verde - Do Berço a um Novo Berço”

A Oficina Relâmpago: “Ensino de Química Verde - Do berço a um novo berço” nasceu de um desafio da American Chemical Society de organizar eventos durante a pandemia e realizá-los até o final de 2020. A Oficina aconteceu como evento virtual no dia 26 de novembro passado e teve como objetivos identificar temas relevantes ao ensino de Química Verde nas atuais circunstâncias, comparar experiências de diferentes grupos e avaliar técnicas de transmissão de conhecimentos por via remota. Foi motivado pelo interesse despertado nas redes sociais por um curso sobre Conceitos Básicos de Química Verde oferecido pelo ACS UFRJ Student Chapter que teve um alto nível de procura. As aulas foram acompanhadas por quase cem pessoas e, mesmo entre alunos com pouco ou nenhum conhecimento prévio do assunto e com diversas formações acadêmicas em diferentes regiões do País, pode-se verificar um apreciável aproveitamento.

Acima de tudo, a Oficina proporcionou uma rara oportunidade para transmitir conceitos fundamentais da Química Verde para pessoas muito motivadas. A sua divulgação permitiria o acesso a novas audiências assim como sua ampla difusão, mesmo em condições adversas.

A seguir segue um resumo dos temas abordados.

A Cultura de Segurança

A segurança é um elemento central de todos os processos de transformação. Desde meados da década de 1970 a indústria química vem desenvolvendo um esforço concentrado para minimizar seus riscos e conscientizar os envolvidos em suas cadeias produtivas da necessidade de adotar medidas de melhoria constante em questões

ligadas à integridade de pessoas e instalações.

A segurança também é fundamental para o ensino e difusão da Química Verde. Como assegurar a segurança de demonstrações de química (que nem sempre podem contar com a presença de profissionais capacitados) realizadas junto ao público? Segundo Carlos André Vaz Júnior, Departamento de Engenharia Química, EQ/UFRJ, estabelecer um nível adequado de segurança requer a plena conscientização de todos os envolvidos. Para atingi-la é preciso passar por quatro etapas: a primeira é um alerta dos seus sentidos, que cada pessoa recebe automaticamente para se cuidar ao encontrar um novo ambiente que pode oferecer riscos; a seguinte é uma etapa dependente, na qual a resposta é provocada por instruções verbais ou transmitidas por avisos. Quando começa a entender o “por que” das diferentes normas e regras de segurança, a pessoa alcança a etapa de independência, passando a agir por conta própria. A interdependência, que corresponde ao estágio final de conscientização, só é atingida quando se compreende que a segurança requer um comportamento coletivo e a pessoa passa a buscá-la ativamente.



Cultura de segurança requer conscientização de agentes e busca ativa

O Ensino Experimental à Distância

O ensino experimental é a essência da química, em particular da Química Verde (Cad. 4, pp. 14-6 à 8). Como seria possível abordar um experimento de laboratório através do ensino remoto? Erika Nunes, Departamento de Processos Orgânicos, EQ/UFRJ, demonstrou, aplicando metodologias que induzem a proatividade no aluno.

Através da combinação de: planejamento de experimentos, técnicas de otimização de processos e vídeos ela mostrou as formas corretas e erradas de montar a vidraria e equipamentos requeridos para aumentar a escala de uma reação.

Um processo para aproveitar resíduos de óleo de cozinha para a fabricação de sabão foi usando como exemplo. Serviu, também, para enfatizar que a análise de efluentes e estudos de viabilidade devem ser levados em consideração e podem ser empregados para exemplificar os princípios da economia circular (ver Cad. 9. pp 20-10a 13).



Oxícreme – base sustentável

Materiais:
 •Base emulsificante (Oxítieno); •Água.

Procedimento:
 Misturou-se a cada 5 mL da base emulsificante 4 mL de água.

Base emulsificante (Oxítieno) → Creme Pronto.

Essa base emulsificante não contém conservantes e materiais como *Dioxana* e *sulfato*. Não são irritantes à pele e apresentam baixa toxicidade. São compostos por ésteres de glicerita.

Esmalte Sustentável

Materiais:
 •Base de esmalte (Oxítieno); •Pigmentos.

Procedimento:
 Ao misturar a base com os pigmentos, o público pôde obter esmaltes em variados tons de coloração.

Pigmentos → Base → Esmaltes

A Oxítieno desenvolveu uma formulação com todas as características exigidas pelo mercado e um adicional: a utilização de solventes verdes em substituição ao Tolueno, que apresenta toxicidade.

Público infantil põe a "mão na massa" nos experimentos

pH do Planeta

Experimento Global sobre a qualidade da água

Participe!
 Experimente!

17 a 23 de outubro de 2011 Semana Nacional de Ciência e Tecnologia

2011 ANO INTERNACIONAL DA QUÍMICA
 AIQ QUÍMICA PARA UM MUNDO MELHOR

International Year of CHEMISTRY 2011

Experimento Global mobilizou mais de 25.000 alunos na região do Rio de Janeiro

A Educação em Química Verde para Diferentes Públicos

Questões específicas, diretamente vinculadas à divulgação da Química Verde e seu ensino em diferentes níveis, foram abordadas através de experiências com audiências diversificadas, como as encontradas em exposições, feiras, visitas, etc.

A organização de atividades de divulgação, baseadas em demonstrações e experimentos, montagem de oficinas e organização de visitas foram apresentadas por Rafaela Nascimento Martins. Universidade de Évora, Portugal, na seção sobre o desenvolvimento destas atividades na Escola Brasileira de Química Verde desde 2010 até 2017 (ver Cad. 6 pp.14-19 e 20). A partir de sua inclusão na Semana da Escola de Química da UFRJ, em 2011, o grupo responsável participou do experimento sobre o “pH do Planeta” do Ano Internacional da Química e de feiras e exposições (particularmente as realizadas nas Semanas Nacionais de Ciência e Tecnologia-SNCT,

promovendo cursos e visitas para professores do ensino médio. A colaboração com uma empresa que fornece insumos químicos para produtos de higiene pessoal foi fundamental nesta etapa, proporcionando matérias e dicas sobre demonstrações de alternativas sustentáveis que fizeram grande sucesso junto ao público infantil.

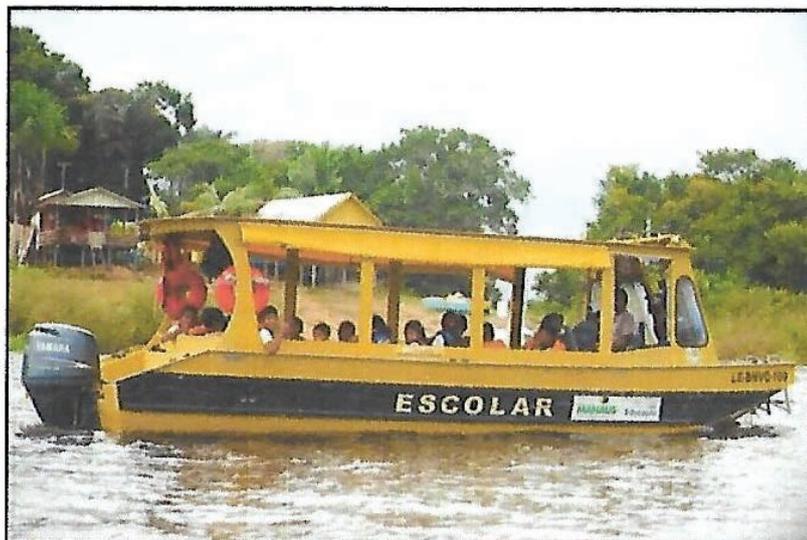
As principais dificuldades apontadas pelo participantes dos cursos resultaram no Global Innovation Imperative-Gii, um evento internacional sobre “Experimentos de Química Verde para Locais Remotos”, patrocinado pela ACS e realizado em Belém do Pará, em novembro de 2016 (ver Cad. 4, pp. 14-17 à 19). proporcionando informações valiosas sobre o ensino na região.

Alguns exemplos são: a necessidade de incorporar saberes locais, como combinar atividades remotas e presenciais e a importância de estimular os alunos à improvisar soluções para as deficiências encontradas em seu meio.

Um aluno pode ser exposto a certos conceitos da Química Verde mesmo antes de saber o que é química. A observação de Frederico Schoene, Escola SESC de Ensino Médio, baseada na sua experiência no ensino e na colaboração com a EBQV em questões ligadas a projetos, feiras e visitas, foi fundamental no desenho e implementação de tais atividades. Ele lembrou a importância do ENEM e da Base Curricular na promoção do ensino de Química Verde e que existe um amparo legal para dar aulas sobre sustentabilidade ao nível fundamental, baseada na atual legislação sobre o ensino ambiental. Deu também exemplos de trabalhos recentes sobre como despertar o interesse dos estudantes.

Por ocasião do Gii (ver acima), suas gestões junto à Escola Parque em Belém, PA, foram essenciais para entender as várias facetas de iniciativas locais.

A introdução da Química Verde no ensino de graduação foi exemplificada por Daniel Barreto, Departamento de Processos Orgânicos, EQ/UFRJ. Ele traçou a evolução da química no país a partir da 1ª Guerra Mundial, ressaltando que estas iniciativas refletiam a cultura experimental da escola alemã dos primeiros



Alunos são transportados para estações receptoras de TV para aulas remotas

professores e foi responsável pela criação dos Departamentos de Tecnologia Orgânica e Inorgânica da então Escola Nacional de Química da Universidade do Brasil.

Mais adiante as suas disciplinas passaram a incluir



Criatividade compensa falta de meios

os processos utilizados na química industrial, engenharia química, petroquímica e química fina.

Novas adaptações foram introduzidas recentemente, para incorporar as matérias primas obtidas da biomassa e a química dos bioprocessos nestas disciplinas.

Lembrou também que os conhecimentos e atitudes do aluno de hoje são muito diferentes dos que existiam quando algumas disciplinas foram propostas portanto, além do seu conteúdo, a forma de sua apresentação deve ser constantemente atualizada.

Uma análise do panorama mundial da pós-graduação em Química Verde por Eduardo Falabella, Departamento de Processos Orgânicos, EQ/UFRJ, revelou que não há uma postura única sobre o seu ensino a nível avançado.

Várias abordagens diferentes emergiram desde a proposição de seus princípios na década de 1990, levando tanto ao estabelecimento de cursos de mestrado e doutorado exclusivamente em Química Verde quanto à inclusão de disciplinas ou linhas de pesquisa sobre os seus diferentes aspectos, como biorefinarias, catálise, conversão de CO₂, etc. em pós-graduações no mundo inteiro.

Ele anunciou que o Mestrado Profissional da EQ/UFRJ passaria a se dedicar à Tecnologia de Processos Sustentáveis, abordando Biocombustíveis, Bioprodutos e Química Verde.

Experiências internacionais com o ensino não-formal foram descritas por Antonio Fidalgo, Instituto SENAI de Inovação em Química Verde, a partir de projetos como o estudo de casos em Química Verde da UNIDO e



Lançamento do projeto UNIDO, fevereiro de 2017

Banco Mundial e do treinamento de facilitadores pela Universidade Yale.

Tratam-se de programas internacionais que envolvem vários países e visam a divulgação da Química Verde para o grande público e o preparo dos responsáveis pelo seu ensino (ver Cad. 4, p.14-9; Cad. 5 pp. 12-5 e 6; Cad. 12 pp 18-22 e 23).

Também foram apontados recursos, como laboratórios e equipamentos, que estão disponíveis em organismos internacionais para o ensino e execução de experimentos, através da colaboração com o ISI-QV.

A experiência com mídias sociais para divulgar e ensinar a Química Verde foram exemplificados por Silmara Furtado e Rafael Eudes, ACS UFRJ Student Chapter, EQ/UFRJ, a partir do curso sobre conceitos básicos e dos webinars promovidos pelo Chapter. A sua avaliação mostrou que há uma demanda considerável por iniciativas deste tipo também em outros estados, principalmente São Paulo, Pernambuco e Minas Gerais, e nas escolas técnicas. Existe um interesse muito grande em sua continuidade e na oferta de novos módulos.

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.



Biocombustíveis no Brasil Potencial e Oportunidades do Diesel Verde

Maria Luiza Arias de Lemos, Peter R. Seidl, Maria Jose O.C Guimarães

Departamento de Processo Orgânicos, Escola de Química - UFRJ

Introdução

O Brasil tem uma longa tradição na busca de fontes alternativas de combustíveis para suprir suas demandas e assegurar a sua suficiência energética. As principais iniciativas resultaram de impasses relacionados à disponibilidade e ao acesso a combustíveis fósseis. (CREMONEZ *et alii*, 2015).

O primeiro grande programa para estimular o uso de combustíveis renováveis no Brasil foi o Programa Nacional do Álcool, que foi implantado em 1975. Trata-se de uma das mais importantes iniciativas do mundo, cujo objetivo foi diminuir a importação de petróleo, utilizando um combustível baseado em etanol, obtido por meio da fermentação de caldo de cana-de-açúcar. (MOREIRA *et alii*, 1999).

O início da produção de óleos vegetais para fins energéticos (Pró-Óleo) data de 1975. Entretanto, segundo POUSA *et alii* (2007), foi o Programa Nacional do Biodiesel, lançado em 1980, que resultou em investimentos consideráveis. Em janeiro de 2005, a Lei nº 11.097 estabeleceu a introdução compulsória de biodiesel no diesel convencional comercializado para veículos automotivos. Esta lei dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira, e altera as Leis 9.478/1997, 9.847/1999 e 10.636/2002. Em setembro de 2007, foi publicada a Resolução nº 6 do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), que estabelece as *diretrizes gerais para a realização de leilões públicos para aquisição de biodiesel, em razão da obrigatoriedade legal prevista na Lei nº 11.097*. Em setembro de 2019, a Agência Nacional do Petróleo (ANP) aprovou um despacho que permitiu a

adição de até 15% de biodiesel ao diesel convencional de forma gradativa e estabeleceu um conteúdo mínimo de 11% até março de 2020 quando, através de um novo despacho, o percentual do biodiesel passou a ser de 12%. Estas ações estão alinhadas com a Resolução nº 16 do CNPE de 2018, que estabeleceu um cronograma de adição mínima de biodiesel ao diesel convencional, com previsão de que a adição chegue a 15% a partir de março de 2023.

Hoje a implantação destes programas apresenta resultados muito interessantes. A evolução da venda de energéticos de origem biológica tem crescido de forma constante, conforme demonstrado na Tabela 1 (na página seguinte). Em 2020, no Brasil, as vendas de energéticos de origem biológica (etanol hidratado, etanol anidro e biodiesel) foram 36.428 mil m³, de acordo com os dados estatísticos da ANP (ANP, 2021), representando 28% dos energéticos vendidos no País.

Segundo a ANP (ANP, 2021), em 2020 o Brasil produziu 39.118 mil m³ de combustíveis energéticos biológicos, 22.445 mil m³ de etanol hidratado, 10.241 mil m³ de etanol anidro e 6.432 mil m³ de biodiesel.

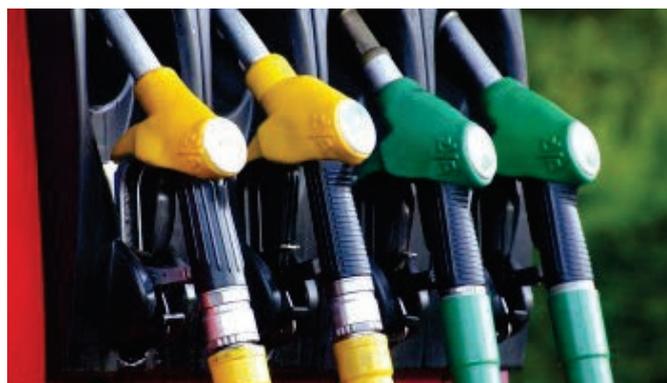


FOTO: Profissão Biotech

Biodiesel adicionado ao diesel

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Venda no Brasil de energéticos de origem bio (mil m3)	20.585	24.729	28.287	32.975	30.000	29.944	35.303	39.151	36.428
Vendas de energéticos origem Bio/ (energéticos origem bio + energéticos produzidos nas refinarias e centrais petroquímicas)	16%	18%	20%	23%	22%	22%	26%	28%	28%
% etanol na gasolina C	20%	24%	25%	27%	27%	27%	27%	27%	27%
% biodiesel no diesel	5%	5%	7%	7%	7%	8%	10%	11%	12%

Tabela 1: Evolução da participação de energéticos de origem bio (biocombustíveis) no Brasil

Nota: Para estes cálculos, foram considerados os seguintes produtos energéticos: etanol hidratado, gasolina C, GLP, querosene de aviação, querosene iluminante, óleo diesel e óleo combustível.

Fonte: Elaborado a partir da base de dados estatísticos da ANP (ANP, 2021).

Em dezembro de 2020, o país contava com 414 biorrefinarias de etanol (NOVA CANA, 2020) usando processo de fermentação, e 58 biorrefinarias de biodiesel (BIODIESELBR, s/d) utilizando processo de transesterificação.

Com relação à produção de etanol, destaca-se a existência de nove biorrefinarias que são híbridas (processam cana-de-açúcar e milho) (RPANEWS, 2020), e duas que produzem etanol 2G (UNIÃO NACIONAL DA BIOENERGIA, 2020).

No caso das biorrefinarias híbridas, a principal motivação para a produção de etanol a partir do milho reside em dois aspectos centrais: primeiro, a oportunidade de aquisição da matéria-prima a preços competitivos em regiões com excedente de produção e que apresentam elevados custos logísticos para escoamento de um produto com baixo valor agregado; segundo, o aproveitamento da infraestrutura da usina de cana-de-açúcar ociosa na entressafra da cana-de-açúcar. Para a produção de etanol de segunda geração, vêm sendo aprimoradas tecnologias para reduzir o custo de produção (BIOMASSA BIOENERGIA, 2020) (KHAIRE, 2021).

Com relação à produção do biodiesel em 2020, estima-se que as principais matérias-primas utilizadas foram óleo de soja (77%), seguida de gordura bovina (11%). Entretanto, a ANP ainda não disponibilizou esta informação para 2020. Outro fator importante é o volume de produção das matérias-primas no país. O Brasil é o

maior produtor mundial de cana-de-açúcar e de soja, e o terceiro maior produtor mundial de milho.

Atualmente marcos regulatórios para a produção do diesel verde (ou os óleos vegetais hidrotratados, conhecidos como HVO de sua sigla em inglês) e o bioquerosene de aviação estão em processo de aprovação. Se estes marcos regulatórios forem aprovados, a participação na venda de energéticos de origem biológica no Brasil pode crescer para 29%. Esta estimativa é baseada no consumo de 2020, que considera que o biodiesel e o HVO correspondem à uma participação de 15% no diesel, e o bioquerosene à uma participação de 5% no querosene de aviação.

HVO e bioquerosene já são produzidos em algumas partes do mundo. A Tabela 2 (na página ao lado) resume os estudos da International Energy Agency (IEA, 2019; IEA, 2020), nos quais se estima um crescimento mundial da produção de biocombustíveis em 4% a.a., HVO 18% a.a., e biocombustíveis de segunda geração 13% a.a.

Diesel Verde – HVO

O óleo vegetal hidrotratado - HVO apresenta muitas vantagens. As principais estão relacionadas abaixo:

- a) Pode ser obtido através da hidrogenação, seguido de isomerização (BIOREFINERIES BLOGSPOT, 2019) partindo da construção de plantas novas, da conversão de refinarias atuais e de coprocessamento em refinarias convencionais que processam petróleo.

Biocombustível (s) no mundo	2018 produção total milhoes de m3	2019 produção total milhoes de m3	2019-2024 cresciemnto anual estimado	2024 produção total milhoes de m3
Etanol	103,8	110,4	3%	130,3
Biodiesel e HVO	39,0	42,6	6%	57,1
Biodiesel	33,5	36,9	4%	44,1
HVO	5,5	5,7	18%	13,0
Biocombustíveis super avançados (segunda geração)	0,2	1,4	13%	2,6
Total	143,0	154,4	4%	190,0
Participação do HVO	4%			7%

Tabela 2: Estimativa de demanda de biocombustíveis segundo a IEA

Fonte: Dados obtidos dos estudos da IEA (IEA, 2019; IEA, 2020).

Além do HVO, os produtores também podem obter bioquerosene, conhecido internacionalmente pela sigla SAF, que corresponde a Sustainable Airline Fuels.

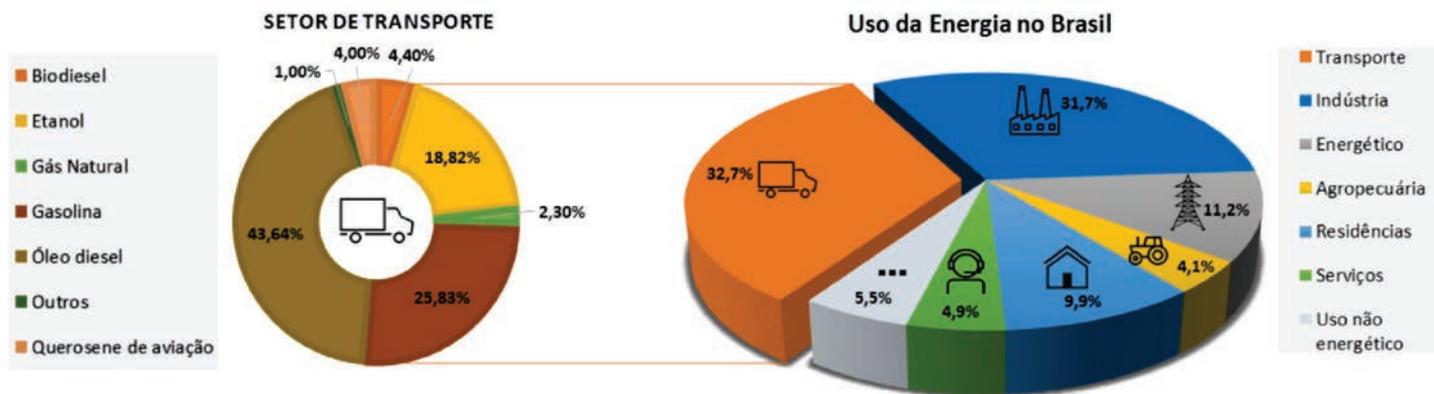
No processo de produção de HVO, o hidrogênio é usado para remover o oxigênio dos triglicerídeos, produzindo uma mistura de parafinas lineares, CO₂ e água. Em seguida, o produto da primeira etapa é isomerizado, sempre na presença de hidrogênio, a fim de ramificar as cadeias lineares, para melhorar as propriedades de escoamento a frio dos produtos finais.

Assim, o HVO é uma mistura de hidrocarbonetos parafínicos, isentos de enxofre e aromáticos, e com índice de cetano muito elevado. Os hidrocarbonetos formados são semelhantes aos componentes do diesel (AATOLA *et alii*, 2008), o que permite a mistura em qualquer proporção desejada sem nenhuma preocupação com a qualidade do combustível.

No segundo caso de coprocessamento, ocorre a seguinte situação: na unidade de dessulfurização da refinaria que processa petróleo, os óleos vegetais refinados são misturados à corrente processada. Este processo é muito mais fácil de implementar do que a produção de HVO puro; além disso, também tem menor

CAPEX. Neste caso, o HVO já está misturado ao produto final, portanto, não pode ser vendido como HVO puro (BIOREFINERIES BLOGSPOT, 2019) (ETIP BIOENERGY, s/d).

- b) Pode ser produzido em conjunto com o bioquerosene para a aviação, que é um produto igual ao querosene fóssil para aviação. Aproximadamente 2% das emissões globais de gases do efeito estufa são emitidos pelo setor da aviação civil mundial (RITCHIE, 2020); desta forma, a utilização de bioquerosene de acordo com os limites técnicos estabelecidos poderá ajudar a reduzir a emissão de gases do efeito estufa (OVERTON, 2020).
- c) É tecnicamente um combustível “drop-in”, pois pode ser adicionado em qualquer percentual, fato que não ocorre com o biodiesel (KARATZOS *et alii*, 2014).
- d) Possui boas propriedades de inicialização a frio.
- e) Possui baixo conteúdo aromático (IEA, 2019; DOBRZYŃSKA *et alii*, 2020), o que significa níveis mais baixos de poluentes atmosféricos do que o diesel fóssil quando usado em veículos com motores mais antigos e menos sofisticados e exaustão após o tratamento.



Elaborado por: Andressa V. D. de Souza, 2020.

Representatividade dos combustíveis no setor de transporte no Brasil

Fonte: Profissão Biotec

Considerações Finais

Tendo em vista a fase de transição pela qual o mundo passa hoje (IEA CLEAN ENERGY TRANSITION, 2020), aumentar a participação de biocombustíveis na matriz energética para atender o Acordo de Paris e reduzir a emissão de CO₂ é altamente desejável.

Para isto, segundo as palavras de António Guterres, secretário-geral das Nações Unidas “Cada país, cidade, instituição financeira e empresa deve adotar um plano de transição para emissões zero e agir agora para trilhar o caminho certo até essa meta, o que significa cortar as emissões mundiais em 45% até 2030, em comparação com os níveis de 2010”, além disto, existe uma proposta de alguns países atingirem neutralidade de carbono em 2050.

Várias ações do governo brasileiro já seguem este caminho:

1. Adesão do Brasil ao Acordo de Paris em 2016 (BRASIL, 2016), na qual o país se comprometeu a reduzir as emissões de gases do efeito estufa em 37% até 2025 e em 43% até 2030;
2. A criação do *RenovaBio*, um programa do Governo Federal lançado pelo Ministério de Minas e Energia, em dezembro de 2016. O *RenovaBio* representa uma política de Estado que reconhece o papel estratégico de todos os biocombustíveis (etanol, biodiesel, biometano, bioquerosene, segunda geração, entre outros) na matriz energética brasileira

no que se refere à sua contribuição para a **segurança energética**, a **previsibilidade** do mercado e a **mitigação de emissões** dos gases causadores do efeito estufa no setor de combustíveis. O programa tem três eixos estratégicos:

- a) Metas de Descarbonização;
 - b) Certificação da Produção de Biocombustíveis;
 - c) Crédito de Descarbonização (CBIO).
3. Serão importantes os marcos regulatórios para aprovação do diesel verde (NOTA TÉCNICA nº 4/2020/SBQ-CRP/SBQ/ANP-RJ) e do bioquerosene para o qual a ANP realizará Consulta e Audiência Pública nº 2/2021 (CONSULTA PÚBLICA, 2021), que deve gerar a revisão da Nota Técnica nº 3/2020/SBQ-CPT-CQC/SBQ/ANP-DF.
 4. Em dezembro de 2020, o CNPE emitiu a Resolução 13/2020 para avaliar o tema (DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO, 2020). Estas aprovações devem considerar o mercado de biodiesel que já existe com uma operação de venda para o mercado estruturada com leilões bimestrais coordenados pela Petrobras, bem como a possibilidade de as refinarias no futuro fazerem coprocessamento para produzir HVO misturado com diesel fóssil.

O mais importante é que as diversas formas de biocombustíveis possam ser competitivas no País e este seja um exemplo na utilização de biocombustíveis.

Referências Bibliográficas

- AATOLA, Hannu *et alii*. "Hydrotreated Vegetable Oil (HVO) as a Renewable Diesel Fuel: Trade-off between NOx, Particulate Emission, and Fuel Consumption of a Heavy Duty Engine" In: *University of Technology Seppo Mikkonen Neste Oil*. Disponível em <https://www.etipbioenergy.eu/images/SAE_Study_Hydrotreated_Vegetable_Oil_HVO_as_a_Renewable_Diesel_Fuel.pdf>
- ANP. *Dados estatísticos*. Brasília: 15/02/2021. Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/dados-estatisticos>>
- BIODIESELBR. *As usinas de Biodiesel do Brasil*. Curitiba. Disponível em: <https://www.biodieselbr.com/usinas_brasil>
- BIOMASSA & BIOENERGIA. *Novo impulso ao etanol celulósico no país*. Itu: 18/06/2020. Disponível em: <<https://www.biomassabioenergia.com.br/imprensa/novo-impulso-ao-etanol-celulosico-no-pais/20200618-101807-u705>>
- BIOREFINERIES BLOGSPOT. *Hydrotreating (HVO) – Concepts, feedstocks and specifications*. 18/11/2019. Disponível em: <<https://biorrefineria.blogspot.com/2019/11/hydrotreating-hvo-concepts-feedstocks-specifications-renewable-diesel.html>>
- BRASIL. *Brasil ratifica Acordo de Paris sobre Mudança do Clima*. Brasília: 12/09/2016. Disponível em <<https://www.camara.leg.br/noticias/497879-brasil-ratifica-acordo-de-paris-sobre-mudanca-do-clima/>>
- CONSULTA PÚBLICA. Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/consultas-e-audiencias-publicas/consulta-audiencia-publica/consulta-audiencia-publicas-no-2-2021>>
- CREMONEZ, P. A.; FEROLDI, M.; NADALETI, W. C.; DE ROSSI, E.; FEIDEN, A.; DE CAMARGO, M. P.; CREMONEZ, F. E.; KLAJN, F. F. "Biodiesel production in Brazil: current scenario and perspectives." In: *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Golden, v. 42, p. 415 - 428, 2015. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2014.10.004>>
- DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO, Presidência da República. *Resolução 13/2020*. Brasília: 30/12/2020, ed. 249, p. 1. Disponível em: <<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/conselhos-e-comites/arquivos/conselhos-e-comites/res-13-cnpe.pdf>>
- DOBRZYŃSKA, Elżbieta *et alii*. "Exhaust emissions from diesel engines fueled by different blends with the addition of nanomodifiers and hydrotreated vegetable oil HVO" In: *Environmental Pollution*. Vol 259, Abril 2020. Disponível em <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749119323991>>
- ETIP BIOENERGY. *Hydrotreatment to HVO*. Disponível em: <<https://www.etipbioenergy.eu/value-chains/conversion-technologies/conventional-technologies/hydrotreatment-to-hvo>>
- IEA 2019: Renewables 2019 market analysis and forecast 2019 to 2024, outubro 2019. Disponível em <<https://www.iea.org/reports/renewables-2020/transport-biofuels>>
- IEA 2020: Renewables 2020 analysis and forecast to 2025, novembro 2020. Disponível em <<https://www.iea.org/reports/renewables-2019/transport>>
- IEA CLEAN ENERGY TRANSITION, novembro 2020. Disponível em <<https://www.iea.org/topics/clean-energy-transitions>>
- KARATZOS, Sergios *et alii*. "The potential and challenges of drop-in biofuels" In: *IEA Bioenergy*. Julho, 2014. Disponível em <<http://task39.org/files/2014/01/Task-39-drop-in-biofuels-report-summary-FINAL-14-July-2014-ecopy.pdf>>
- KHAIRE, K. Chandrakant; MOHOLKAR, Vijayanand Suryakant; GOYAL, Arun. "Bioconversion of sugarcane tops to bioethanol and other value added products: An overview" In: *Materials Science for Energy Technologies*. v.4, p. 54-68, 2021. <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2589299120300859>>
- MOREIRA, J.R.; GOLDEMBERG, J. "The alcohol program". In: *Energy Policy*, v. 27, p. 229 - 245, 1999. <[http://dx.doi.org/10.1016/S0301-4215\(99\)00005-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0301-4215(99)00005-1)>
- NOTA TÉCNICA Nº 3/2020/SBQ-CPT-CQC/SBQ/ANP-DF. Disponível em <<https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/consultas-e-audiencias-publicas/consulta-audiencia-publica/2021/cp-2-2021/sei-anp-0908717-nota-tecnica.pdf>>
- NOTA TÉCNICA Nº 4/2020/SBQ-CRP/SBQ/ANP-RJ. Disponível em <<http://www.anp.gov.br/arquivos/cap/2020/cap3/cp3-2020-nota-tecnica.pdf>>
- OVERTON, Jeff. "New Legislation Sets Policy Menu for Sustainable Aviation Fuels" In: *Environmental and Energy Study Institute*. Dezembro, 2020. Disponível em: <<https://www.eesi.org/articles/view/new-legislation-sets-policy-menu-for-sustainable-aviation-fuels>>
- NOVA CANA. *Distribuidoras já compraram 10,3 milhões de CBios, 70% da meta de 2020*. 08/12/2020. Disponível em: <Distribuidoras já compraram 10,3 milhões de CBios, 70% da meta de 2020>
- POUSA, Gabriella; SANTOS, André; SUAREZ, Paulo A.Z. "History and policy of biodiesel in Brazil" In: *Energy Policy*, v.35, p. 5393-5398, 2007. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2007.05.010>>
- RITCHIE, Hannah. "Climate change and flying: what share of global CO2 emissions come from aviation?" In: *Our World in Data*. Disponível em <<https://ourworldindata.org/co2-emissions-from-aviation>>
- RPANEWS. *Etanol de milho avança no Brasil*. Ribeirão Preto: 04/03/2020. Disponível em <<https://revistarpanews.com.br/etanol-de-milho-avanca-no-brasil/>>
- UNIÃO NACIONAL DE BIOENERGIA. *Novo impulso ao etanol celulósico no país*. Araçatuba: 17/06/2020. Disponível em: <<https://www.udop.com.br/noticia/2020/06/17/novo-impulso-ao-etanol-celulosico-no-pais.html>>

QUÍMICA VERDE

Cápsulas

Máscaras de Algodão Apresentam Vantagens

A eficácia de máscaras para proteger as pessoas que as usam e evitar a propagação do vírus da Covid já está bem comprovada. O que nem todos sabem é que as máscaras de algodão, mesmo aquelas fabricadas a partir de material mais barato, não só protegem, mas apresentam vantagens adicionais. Pesquisadores do National Institutes of Health, dos EUA, investigaram os efeitos das mucosas do nariz e sistema respiratório na proteção das pessoas e notaram a importância da umidade na captura das partículas que transportam os vírus e levá-las à garganta onde podem ser engolidas e os vírus destruídos pelos ácidos do sistema digestivo. Uma investigação da capacidade de retenção da umidade de diferentes máscaras a várias temperaturas apontou as de algodão pesado como as mais eficientes!

QUÍMICA VERDE

Eventos

A Edição do Prêmio Sucupira da Pandemia

A Escola Brasileira de Química Verde promoveu com o apoio da ACS Brazil International Chapter, ACS UFRJ Student Chapter, Associação Brasileira de Química e Escola de Química da UFRJ, uma edição especial do Prêmio Professor Arikerne Sucupira para a pandemia.

O Prêmio é oferecido anualmente pela Escola Brasileira de Química Verde com objetivo de premiar alunos de pós-graduação que se destacam em estudos na área de Química Verde (ver Caderno 7, pp 28-19 e 28-20). Na edição especial do ano de 2020 o trabalho premiado deveria ser da área de ensino e incluir também um Prêmio para um professor.

Nesta edição especial do Prêmio Sucupira dedicada à pandemia o tema escolhido foi uma palestra ou aula sobre o ensino da Química Verde e premiou o melhor trabalho apresentado por um professor e por um aluno de pós-graduação. Os concorrentes foram selecionados entre os trabalhos submetidos à Oficina Relâmpago “Ensino de Química Verde - Do berço a um novo berço” realizado no dia 26 de novembro de 2020. O evento foi virtual e abordou uma série de discussões relevantes envolvendo o ensino de Química Verde nos mais diversos níveis educacionais.

Os trabalhos submetidos à Oficina Relâmpago foram previamente analisados pela comissão julgadora formada pelos professores Bernardo Dias Ribeiro (Departamento de Engenharia Bioquímica da EQ/UFRJ), Fernanda Faria Martins (Instituto Federal do Rio de Janeiro), José Celestino de Barros Neto (Departamento de Química Orgânica do IQ/UFRJ) e coordenado por Tatiana

Felix Ferreira (Departamento de Processos Orgânicos da EQ/UFRJ). A comissão selecionou dois trabalhos da Categoria Aluno e dois trabalhos da Categoria Professor para concorrerem ao Prêmio Professor Arikerne Sucupira 2020.

Os quatro trabalhos indicados ao prêmio foram apresentados oralmente durante a parte da manhã da Oficina e arguidos pelo público e pela comissão julgadora. O Prêmio Professor Arikerne Sucupira 2020 foi conferido à Professora Suyane Alvarenga do Instituto Federal do Rio de Janeiro e à aluna Aline Tavares, do Programa de Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos da EQ/UFRJ durante a tarde do evento.

A professora Suyane David Sá de Alvarenga apresentou uma proposta de aulas remotas sobre experimentação em Química Verde para alunos do Ensino Médio e/ou Técnico. A proposta consiste em aulas síncronas e assíncronas abordando tópicos como sustentabilidade, avaliação do ciclo de vida, doze princípios, métricas, segurança química, pegadas ecológicas, biocombustíveis, biocatálise, economia circular, entre outros.

A aluna Aline Souza Tavares propôs a disseminação dos conceitos de Economia Circular e seus modelos de negócios juntamente com os conceitos de Química Verde no Ensino Médio. Segundo a aluna, a associação desses conceitos e a apresentação de casos reais de sucesso desses modelos de negócios pode ajudar a compreensão dos conceitos de sustentabilidade no Ensino Médio.

Beyond Benign: Educação em Química Verde

Juliana Vidal

Estudante de Pós-Graduação, Beyond Benign Liaison

FOTOS: Arquivo pessoal



Juliana Vidal

A Beyond Benign é uma organização sem fins lucrativos, cuja missão é focada no avanço de práticas sustentáveis através da Química. A empresa acredita que a educação está

no centro do desenvolvimento de uma força de trabalho qualificada para promover a escolha de produtos mais seguros para a saúde humana e o nosso meio ambiente. Cientistas são inspirados pelas percepções da ciência adquiridas bem cedo, e portanto a implementação de ideias relacionadas à sustentabilidade no início de sua educação é fundamental para a conquista da mesma.

A continuação dessa educação voltada para um futuro sustentável no Ensino Superior através de Toxicologia e Química Verde é responsável por gerar cientistas com habilidades para produzir produtos mais benignos com um impacto extremamente positivo na nossa sociedade.

Criada em 2007 pela Dra. Amy Cannon (Diretora Executiva) e pelo Dr. John Warner (Diretor de Ciência e Inovação e Co-Fundador da Química Verde), a Beyond Benign disponibiliza recursos gratuitos para a promoção e aplicação da Química Verde no currículo de escolas e universidades ao redor do mundo. Nos últimos 13 anos, a Beyond Benign treinou mais de 6.000 professores de Ensino Fundamental e Médio em Ciência Sustentável e Química Verde, elaborou mais de 200 aulas de acesso livre, e alcançou mais de 25.000 jovens e membros da comunidade através de divulgações e parcerias com 75 universidades

para transformar o ensino de Química.

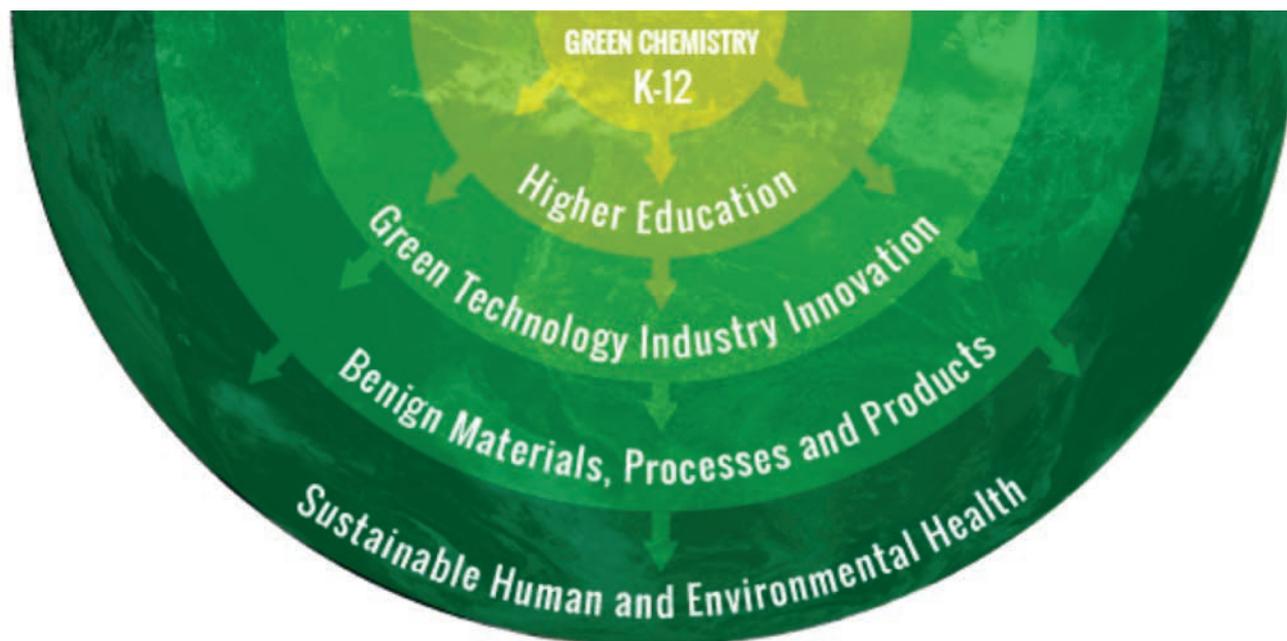
Esse é o objetivo do Comprometimento em Química Verde (GCC), o recurso mais importante da Beyond Benign na área de Ensino Superior, cuja missão é apoiar departamentos de Química interessados na implementação da teoria e práticas da respectiva disciplina em seu currículo universitário.

Esse Comprometimento gratuito tem como benefícios o acesso à uma comunidade de químicos experientes compartilhando os mais diversos recursos para a transformação da formação dos nossos futuros profissionais, além de suporte da Beyond Benign para a aplicação de diferentes projetos e eventos.

Hoje, a Beyond Benign conta com membros do GCC ao redor do mundo, que consistem em universidades trabalhando para o desenvolvimento de profissionais com conhecimento e confiança necessários para a implementação da Química Verde em qualquer área de sua profissão.



A Química Verde consiste no design de produtos químicos que minimizam ou eliminam o uso e a geração de substâncias perigosas na indústria química



A Teoria de Mudança da Beyond Benign: Através da educação em Química Verde, podemos catalisar inovações tecnológicas que resultam em materiais, produtos, e processos menos perigosos para apoiar o desenvolvimento de uma sociedade mais sustentável

Além do GCC, a Beyond Benign também oferece materiais alternativos e gratuitos para laboratórios de Química Geral e Química Orgânica. Nestes laboratórios, compostos nocivos e previamente utilizados em aulas tradicionais são substituídos por substâncias mais seguras. Por exemplo, uma simples titulação ácido-base pode ser realizada usando cinzas de madeira para ensinar os alunos sobre a importância da utilização de recursos renováveis.

A organização também disponibiliza currículos completos de Toxicologia e Química Verde. O currículo universitário de Química Verde foi criado em colaboração com a Universidade de Yale e com a UNIDO, e consiste em um curso de 1 semestre desenvolvido para alunos de

graduação.

No início de 2020, a empresa também criou em seu site uma lista de recursos virtuais para professores e estudantes continuarem sua educação em Química Verde de uma maneira interativa durante a pandemia.

A Beyond Benign também conta com um acervo de webinars, grupos de estudo, suporte para professores de Ensino Médio e Fundamental, criação de diversas campanhas para divulgação de Química Verde com a sociedade, e uma comunidade de prática conhecida como Conexões em Química Verde.

Para mais informações sobre essas e outras oportunidades, acesse: <https://www.beyondbenign.org/>.

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.

Conselho de Redação:
Estevão Freire
Julio Carlos Afonso

Consultor Senior:
Celso Augusto Caldas Fernandes.

Diagramação e arte:
Adriana dos Santos Lopes.

Contato:
quimicaverde@eq.ufrrj.br

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

Os textos assinados são de responsabilidade de seus autores.