

CADERNO DE QUÍMICA VERDE

Ano 5 - Nº 18 - 3º trimestre de 2020

Neste Caderno

24-2

Editorial

24-3



Depoimento:

**Rafaela
Nascimento
Martins**

24-5

QUÍMICA VERDE



Eventos

O ACS UFRJ *Student Chapter* promove curso sobre conceitos básicos de Química Verde

24-8

Tendências da economia circular e da Química Verde na era COVID-19

24-16

QUÍMICA VERDE

Cápsulas

- ▣ Produção de etanol de 2ª geração
- ▣ Teste para Covid 19
- ▣ Microscopia já distingue átomos

Editorial

O mês de setembro marca os cem anos de existência da universidade brasileira. Em comparação com a época de fundação das europeias ou mesmo do continente americano, não parece haver muito a comemorar. No entanto, para o País, marca o fim de uma cultura colonial e o início de uma busca pelos seus próprios caminhos.

Portugal conhecia muito bem a importância das universidades e já ao final do ano de 1290 se comprometeu a financiar a sua. No entanto negava as tentativas de seu estabelecimento na Colônia. Até a Independência, o acesso de brasileiros era limitado aos que possuíam condições para estudar em Portugal e outros países estrangeiros.

O nível superior no Brasil foi introduzido através da Real Academia de Artilharia, Fortificação e Desenho, em 1792. Foi por iniciativa do próprio Vice-Rei do Brasil e visava atender as necessidades de proteger o Brasil Colônia. Existiam carências também na área de saúde, mas a criação das primeiras escolas médicas (no Rio de Janeiro e em Salvador), só ocorreu após a chegada da Família Real, em 1808.

Já a Inconfidência Mineira e a primeira constituição promulgada após a Independência, em 1824, previam a criação de uma universidade, mas as iniciativas não prosperaram. Tampouco durante o Império, houve condições para levar adiante tais aspirações e foi só após a Proclamação da República, já no século passado, que houve a retomada por parte da sociedade civil e da classe política de medidas concretas para a criação de uma universidade.

Em lugar de um polo para gerar e difundir o conhecimento foram congregados os institutos que pudessem ser classificados como de ensino superior (a exemplo da Escola Politécnica, sucessora da Real Academia de 1792, e da Faculdade de Medicina do Rio de Janeiro) para criar a Universidade do Rio de Janeiro, em 7 de setembro de 1920. Ela ainda foi transformada em Universidade do Brasil e depois na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

Seguiram-se a criação de novas universidades, algumas das quais, como as de Brasília, Campinas e do Norte Fluminense, fundadas em modelos altamente inovadores. Hoje existem universidades federais, estaduais, municipais e regionais que fornecem a base de conhecimentos e infraestrutura para fundações e empresas estabelecidas pelo poder público, como a Fiocruz, Petrobras e Embrapa, que atuam em setores vitais para o País e desempenham um importante papel na transmissão e geração de conhecimentos e na inclusão social e promoção da diversidade.

As celebrações dos 100 Anos da UFRJ deram uma eloquente demonstração de como uma universidade enfrenta uma pandemia com todo o seu arsenal de recursos (que cobrem desde pesquisa de ponta interdisciplinar requerida em plataformas para testar vacinas até o fornecimento de álcool-gel para assegurar condições sanitárias) e inclui a versatilidade na condução dos trabalhos e capacidade de maximizar os recursos disponíveis.

O Caderno de Química Verde selecionou um artigo que aborda os efeitos do vírus responsável pela Covid-19 sobre as tendências da Economia Circular e da Química Verde para exemplificar estas questões em toda a sua complexidade. Os múltiplos desafios na busca da sustentabilidade parecem intransponíveis, mas revelam oportunidades para aqueles em condições de compreender e aproveitá-las.

O Depoimento representa há um excelente exemplo de como o ambiente universitário pode estimular as pessoas a desafiar a sua criatividade e se engajarem em novos trabalhos. Por outro lado, há um claro aviso de que não é suficiente formar excelentes quadros. Se faltarem oportunidades aqui, elas serão oferecidas em outros lugares.

Eventos revela que a universidade reúne jovens, como os atraídos pelos trabalhos do Chapter da ACS, que são estimulados a compartilhar com seus colegas que não tem esta facilidade, conhecimentos sobre a Química Verde. Se dispõem, inclusive, a motivar seus professores a gerar estes ensinamentos e procuram os melhores meios para difundi-los e transmitir seu conteúdo.

Cabe finalmente um registro: Otto Richard Gottlieb nasceu em 31 de agosto de 1920. O Caderno de Química Verde tem a grata satisfação de celebrar o centenário deste ilustre precursor da Química Verde no Brasil.

Peter Seidl, Editor

Depoimento

Rafaela Nascimento Martins

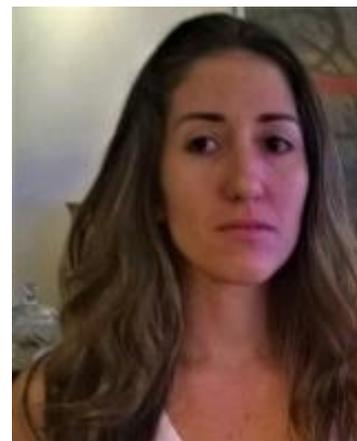


FOTO: Universidade de Évora

Caderno: Qual é a sua formação?

Rafaela: A formação oferecida na Escola de Química, da Universidade Federal do Rio de Janeiro foi a base de tudo que aconteceu na minha vida pessoal e profissional. Entrei como uma aluna pobre, com dois bebês para criar sozinha, e me formei como uma profissional aplicada e destemida. Até os discursos dos professores da época “estude mais, você ainda não atingiu o conteúdo mínimo” me motivaram. Hoje me lembro de tudo com muita saudade e carinho.

Caderno: O que você achou da Escola de Química?

Rafaela: Passei por outras universidades no exterior onde pude comprovar a qualidade de ensino que me foi oferecida ali. Se pudesse voltar no tempo certamente faria tudo novamente! Costumava dizer para a minha orientadora, a Professora Maria José de Oliveira Guimaraes, “a Escola de Química cria monstros”. Ela sempre ria e concordava, pois acabamos tendo um senso crítico muito elevado depois de ser forjado por uma Escola de excelência como esta.



Semana Nacional de C&T, UFRJ 2015

FOTO: ABQV

Caderno: Como você decidiu ir para o exterior?

Rafaela: No último ano de doutorado surgiu a oportunidade de estudar fora do Brasil. Inicialmente me mudei para Londres, Reino Unido. Depois de dois anos na Inglaterra saiu um edital de concurso em Portugal onde fui aprovada numa universidade pública, a Universidade de Évora.

Caderno: Hoje quais são seus trabalhos?

Rafaela: Desenvolvo pesquisas em Química Verde estudando propriedades de líquidos iônicos. Faço parte de um grupo de previsão de propriedades termodinâmicas de misturas. Além do laboratório agora também faço cálculos computacionais DFT e de dinâmica molecular. A estrutura computacional das Universidades públicas e a Rede Nacional de Computadores em Portugal estão bem estruturadas o que facilita esses trabalhos. Além disso há menor gasto de insumos químicos e de geração de resíduos e efluentes de laboratório. Primeiro fazemos um *screening* de todas as possíveis moléculas e sistemas de interesse, só depois de obtermos esses resultados é que são feitos os trabalhos de laboratório.

Caderno: Como alguém com sua formação e experiência em projetos para a indústria acabou se dedicando à educação e à Escola Brasileira de Química Verde?

Rafaela: Inicialmente a motivação foi divulgar a existência da Escola Brasileira de Química Verde (EBQV), que foi recém criada, para a sociedade.

O professor Peter Seidl, então coordenador da EBQV, sugeriu que utilizássemos a estrutura da Semana Nacional de Ciência e Tecnologia (SNCT) na UFRJ em 2011, para oferecer oficinas para um público bem mais amplo. A experiência foi tão positiva que depois disso não paramos mais. Coincidentemente, 2011 foi o Ano Internacional da Química, cuja temática era “química para um mundo melhor”. Nada mais verde que este tema!

Caderno: Como esses trabalhos e projetos de educação em Química Verde evoluíram?

Rafaela: Em 2012, a Dra. Jennie Dodson entrou para a equipe. Ela estava fazendo um pós-doutorado no Brasil e tinha larga experiência em divulgação da Química Verde, adquirida durante seu doutorado na Universidade de York, no Reino Unido. Após a elaboração de um plano de trabalho começamos a usar todas as oportunidades de conferências e SNCT que apareceram. Em 2015, com o aumento da demanda por informações sobre esta temática, começou a ser oferecido um minicurso para professores do ensino médio. A procura foi tão grande que ele foi repetido nos dois anos seguintes. A procura maior foi de alunos de graduação e de professores do ensino básico, médio e superior.

Caderno: Esses trabalhos com professores do ensino médio continuaram?

Rafaela: A demanda de professores de ensino médio era crescente na época, pois o tema Química Verde foi inserido nas questões do ENEM sem que

nenhuma formação nesse sentido fosse oferecida.

Os professores pareciam sedentos por conhecimento, fornecendo o combustível necessário para as ações seguintes. Primeiro foi estruturado um laboratório numa Escola Estadual no Rio de Janeiro, o Colégio Pedro Álvares Cabral em Copacabana.

O laboratório é multidisciplinar e todas as ciências podem se comunicar. A proposta era usar materiais que usamos no cotidiano como insumo para as práticas de química. Assim os resíduos são menos perigosos para os alunos e há uma identificação por parte deles com coisas que já conhecem.

Foram escritos protocolos para produção de soluções de indicadores a partir de plantas e flores. Estes indicadores são então utilizados em práticas para classificar o pH de substâncias do cotidiano.

Caderno: Como a American Chemical Society (ACS) se interessou por trabalhos com professores do ensino médio?

Rafaela: Os trabalhos que resultaram na criação deste laboratório motivaram a proposta de um evento voltado para a montagem de atividades práticas em locais com menos recursos ou em locais remotos. A situação que se apresentava nas escolas públicas naquele momento era de uma desativação dos laboratórios por falta de recursos para compra de materiais. Até as escolas mais conceituadas estavam utilizando os laboratórios como depósito de material ou salas de aula teórica. Por isso nós nos candidatamos aos recursos do GII – Global Innovation Imperative da ACS. Com estes recursos foi realizado um evento em Belém sobre “Experimentos de Química Verde para Localidades Remotas”. O evento contou com palestras de diferentes especialidades, oficinas práticas para os professores, e elaboração de projetos e planos de trabalho para diferentes públicos. Tivemos uma oportunidade única de reunir especialistas de vários locais do mundo e aprender com a experiência deles. Além de instrutivo foi muito divertido!

FOTO: ABQV



Evento em Belém, do GII – Global Innovation Imperative, da ACS, em 2016

QUÍMICA VERDE

Eventos



O ACS UFRJ *Student Chapter* promove curso sobre conceitos básicos de Química Verde

Silmara Furtado e Rafael Eudes

Escola de Química da UFRJ e ACS UFRJ *Student Chapter*

Introdução

O ACS UFRJ *Student Chapter* é um grupo de extensão internacional vinculado à *American Chemical Society* (ACS, sigla em inglês). Foi fundado em 2017 e é supervisionado por professores da Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro. As atividades do grupo são voltadas para a divulgação da Química Verde e, nestes últimos três anos, já foram realizadas oficinas em semanas acadêmicas, palestras, *webinars*, workshop e um simpósio em parceria com centros de pesquisa e empresas. Atualmente o grupo tem 13 integrantes entre alunos de graduação e pós-graduação da Escola de Química e do Instituto de Química da UFRJ, e professoras dos ensinos médio, técnico e superior do CEFET, do IFRJ e do Colégio Pedro II.

Curso sobre Conceitos Básicos de Química Verde

As tentativas de difusão e incorporação dos pressupostos da Química Verde são crescentes, a notar pelo surgimento de grupos de pesquisa destinados a investigações nesse campo, e pelos ensejos governamentais de incluí-los nos planejamentos do desenvolvimento sustentável brasileiro. Contudo, a sua avaliação no âmbito educacional mostra a incipiência de grupos de pesquisa e trabalhos acadêmicos dedicados a avaliar, propor e inserir a Química Verde nos currículos e na prática da sala de aula de diferentes níveis educacionais (SANDRI e SANTIN FILHO, 2016).

Observando esta lacuna no processo de ensino-aprendizagem da Química Verde, o ACS UFRJ *Student*

Chapter iniciou, em agosto deste ano, o curso "Conceitos básicos de Química Verde", sob orientação do Prof. Peter Seidl. Trata-se de uma iniciativa que tem como objetivo principal difundir a temática para os diferentes segmentos da sociedade e proporcionar a construção de perfis questionadores e pró-ativos ao enfrentamento das crises ambientais contemporâneas.

O curso tem um formato de seis aulas semanais e remotas, ministradas majoritariamente por professores do Programa de Pós-graduação em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos (Escola de Química - UFRJ). Os tópicos abordados englobam os seguintes temas:

- Bioeconomia: A Nova Economia Baseada em Recursos Biológicos Renováveis;
- Ética, Sustentabilidade e Química Verde;
- Biocombustíveis no Brasil;
- Educação em Química Verde no Currículo Escolar;
- Análise de Ciclo de Vida;
- Reflexões: Sustentabilidade e Química Verde na Era COVID-19.

O perfil de inscritos no curso é predominantemente acadêmico e inter-regional: alunos dos ensinos médio, técnico e superior dos cursos de Química e ciências correlatas, técnicos em Química, e docentes do ensino médio de diferentes estados brasileiros. Informações sobre os participantes são apresentadas a seguir:

- Aluno 1: "Doutorando do curso Educação em Química (Universidade Federal do Paraná). Interesse



Aula inaugural do curso "Conceitos Básicos de Química Verde"

por aspectos gerais da Química e do pensamento químico. Vê a Química Verde como um ponto de inflexão para as reflexões sobre o que é a Química e o modo como deve ser ensinada."

→ Aluno 2: "Graduando quarto período do curso de Química Industrial da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Compreende o quão importante é esta área e gostaria de se aprofundar mais."

→ Aluno 3: "Professor de Química no Colégio Pedro II (Cidade do Rio de Janeiro). Há alguns anos se interessa pela Química Verde e ultimamente tem estudado métricas de verdura e suas aplicações em laboratórios de ensino médio."

→ Aluno 4: "Professor de Química no Instituto Federal do Rio Grande do Sul. Está utilizando este período de trabalho remoto para fazer alguns cursos de atualização e a Química Verde é um tema que tem interesse em conhecer."

→ Aluno 5: "Recém graduado em Gestão Ambiental. Se interessa pela Química Verde por ser um tema que não foi profundamente tratado durante o seu curso. Busca conhecimento sobre diversas áreas de atuação, pois seu propósito é ser um profissional T (se especializar em algo, mas conhecer de tudo um pouco)."

→ Aluno 6: "Graduando do sétimo período do curso técnico em Química integrado ao ensino médio no

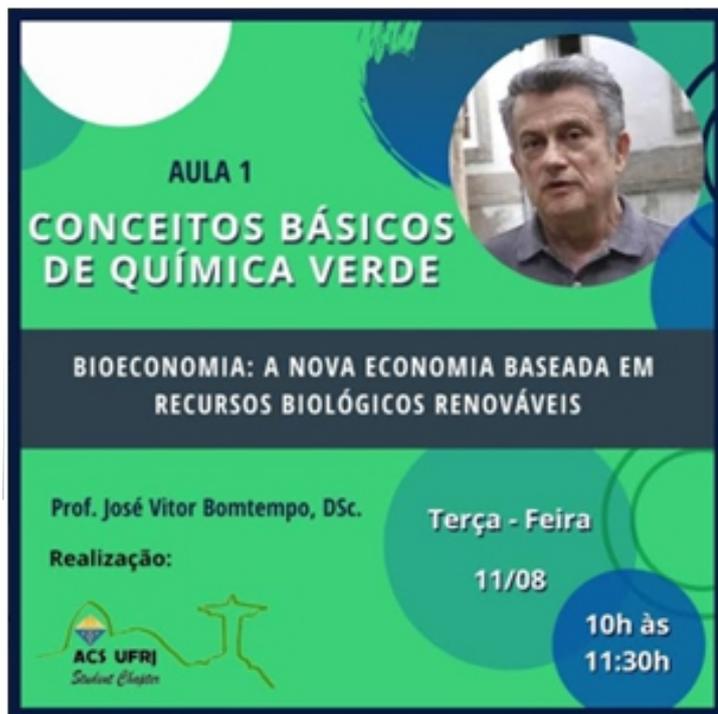
Instituto Federal do Rio de Janeiro. Tem interesse pela Química Verde porque acredita que todos deveriam ter o mínimo embasamento sobre o assunto para poder atuar melhor e de forma mais sustentável."

→ Aluno 7: "Professor de Química na Universidade Federal do Espírito Santo. Tem interesse em participar do curso para conhecer outros pesquisadores da área."

→ Aluno 8: "Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária na Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Participa de um projeto de pesquisa sobre captação e análises de água de chuva. Seu interesse pelo curso se deu pelo fato da sua grade curricular da graduação possuir muitas disciplinas relacionadas à temática ambiental."

→ Aluno 9: "Graduando do curso de Licenciatura em Química na Universidade Federal do Rio de Janeiro. É bolsista de iniciação científica e atua como extensionista na área. Deseja aprender mais com o curso, pois gostaria de atuar em outros projetos relacionados a esta temática."

→ Aluno 10: "Graduando em Engenharia Química, técnico em Mecânica Industrial e estagiário em Engenharia de Processos. A Química Verde lhe interessa por ser uma área crescente que as empresas necessitam atender e se adequar na busca de novos produtos e processos mais limpos."



Aula 1 do curso

→ Aluno 11: “Mestre em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Tem interesse em se aprofundar no assunto e aplicar em um possível projeto de doutorado.”

→ Aluno 12: “Mestrando do Programa em Rede Nacional do Mestrado Profissional em Matemática e professor na rede estadual da Bahia. Se inscreveu no curso para construir pontes interdisciplinares com a Química.”

→ Aluno 13: “Farmacêutico e mestrando em Análises Toxicológicas pela Universidade Federal de Alfenas. O seu interesse pela Química Verde surgiu com a iniciativa de implementar métodos de validação analítica mais sustentáveis ecológica e economicamente, tornando esta alternativa viável tanto na indústria quanto na academia.”

→ Aluno 14: “Mestrando em Bioquímica Aplicada na Universidade Federal de Viçosa, onde trabalha com resíduos agroindustriais. Nota que muitas pessoas fazem uso da Química Verde, mas não do termo. Então achou interessante conhecer os conceitos chaves para seguir atuando e contribuindo na área.”

→ Aluno 15: “Professor de Química na Educação Básica e doutorando em Química na área de Eletroanalítica. Se inscreveu no curso para se aperfeiçoar e disseminar o conhecimento adquirido sobre Química Verde para os seus alunos de ensino médio.”

→ Aluno 16: “Mestrando em Engenharia Química, de Materiais e Processos Ambientais na PUC-Rio. Acredita que, para tornar o mundo mais sustentável, temos que nos educar sobre as questões abordadas no curso para ter maior consciência sobre as medidas que adotamos.”

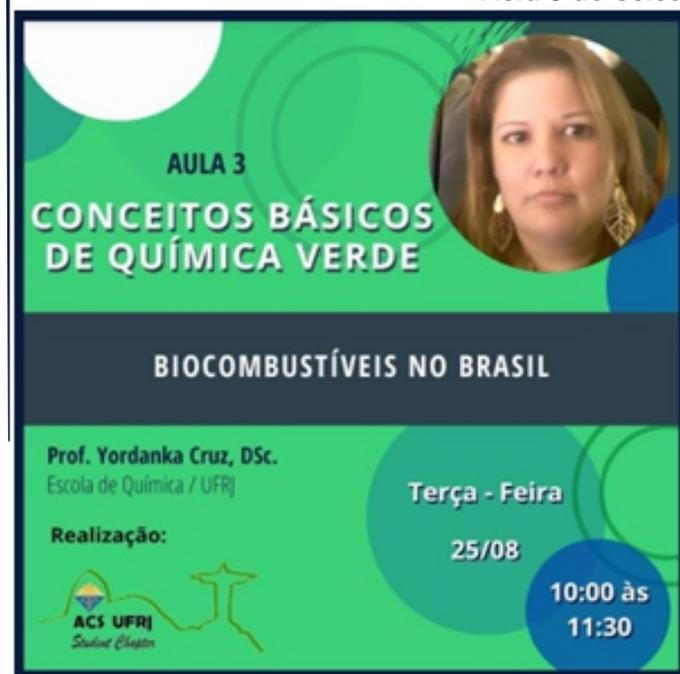
Este perfil de inscitos e suas motivações de ingresso no curso endossam a narrativa de Lozano e Watson (2013), os quais afirmam que as instituições de ensino são uma ferramenta para se discutir e formar uma base sólida em Química Verde, considerando as potencialidades de cada região. Além disso, esses espaços necessitam ser pioneiros na divulgação da Química Verde, pois a formação de profissionais mais conscientes dos problemas ambientais e de suas possíveis soluções estimulará o desenvolvimento de tecnologias limpas e de uma postura de prevenção à poluição.

Referências

LOZANO, R.; WATSON, M.K. Chemistry education for sustainability: assessing the Chemistry curricula at Cardiff University. *Educacion Química*, v. 24. n. 02. p. 184-192, 2013.

SANDRI, M.C.M.; SANTIN FILHO, O. Implicações da inserção da Química Verde na formação inicial de professores de Química. *Revista Brasileira de Ensino de Química*, v. 11, n. 01, p. 111-124, 2016.

Aula 3 do curso



Tendências da economia circular e da Química Verde na era COVID-19

Suzana Borschiver¹ e Aline Souza Tavares²

¹ Professora Titular da Escola de Química da UFRJ, ² Doutoranda do Programa EPQB da Escola de Química da UFRJ

Vivemos a era da 4ª Revolução Industrial, caracterizada pelo desenvolvimento de Cidades Inteligentes, Inteligência Artificial e Big Data. No entanto, a nossa sociedade ainda se depara com um cenário global que remonta a uma era muito bem conhecida: poluição, desmatamento, esgotamento dos recursos naturais finitos e alterações globais no clima. Em 29 de julho de 2019, a Terra atingiu o *Overshoot Day* ou o Dia da Sobrecarga da Terra, 3 dias antes que em 2018 (Figura 1). Este dia é calculado pela Global Footprint Organization e representa a data em que a demanda da humanidade por recursos da natureza excede a capacidade de regeneração da Terra naquele ano (GLOBAL FOOTPRINT ORGANIZATION, 2019). A cada ano que passa é possível observar uma antecipação desta data, demonstrando que o uso global desses recursos tem tornado a recuperação sustentável do planeta cada vez mais distante.

Tais efeitos nocivos são traços de uma economia denominada como Economia Linear, por seguir a sequência de extração dos recursos naturais de forma desordenada, a fabricação dos produtos em massa e o despejo dos resíduos muitas vezes sendo realizados em

locais inadequados ou quando não são coletados. Segundo Haigh e Bäunker (2020), apenas 8,6% dos recursos extraídos no mundo são reutilizados ou reciclados e o Brasil é o 4º país que mais gera lixo plástico no mundo, atrás dos Estados Unidos (1º), China (2º) e Índia (3º), segundo um ranking do Banco Mundial (WWF, 2019).

Em dezembro de 2019, o mundo se viu diante do surto do novo coronavírus e em curto espaço de tempo teve que lidar com uma nova pandemia. Não é de hoje, entretanto, que a sociedade precisa enfrentar este tipo de cenário. No século 14, a Peste Negra levou à óbito cerca de 200 milhões de pessoas na antiga Eurásia. A Gripe Espanhola de 1918, causada por um vírus influenza mortal, matou entre 40 e 50 milhões de pessoas. O SARS-CoV, que começou em 2002, chegou a ter 700 mortos e, por fim, o SARS-CoV-2 ou a COVID-19 já levou à óbito mais de 810 mil pessoas no mundo até 25 de agosto de 2020, segundo dados oficiais da Organização Mundial de Saúde (OMS) (WHO, 2020; TELESSAÚDE SÃO PAULO, 2020).

Embora a origem dessas e outras pandemias sejam variadas, pode-se observar um comportamento contínuo ao longo dos respectivos históricos caracterizado pela exploração exacerbada dos recursos naturais e dos animais, despertando e/ou acelerando essas interações (ONU, 2020a). A pandemia do novo coronavírus tem afetado sociedades e economias no mundo todo, expondo vulnerabilidades humanas, sociais, ambientais e econômica do modelo vigente, dado o enfraquecimento de muitas cadeias de suprimento, por exemplo (HAIGH; BÄUNKER, 2020).

Neste sentido, a Economia Circular se apresenta como um modelo de produção e serviços alternativo e de grande potencial que pode trazer maior resiliência à períodos de crise. Visando integrar o tripé de desenvolvimento econômico, proteção ambiental e

FOTO: Energy Saving Trust (2019)



Figura 1. *Earth Overshoot Day* ou Dia da Sobrecarga da Terra em 2019

responsabilidade social, o modelo circular tem como princípios manter a circulação dos produtos e componentes por maior tempo possível com desempenho e valor, equilibrando a gestão dos recursos naturais renováveis e finitos e minimizando ou eliminando as externalidades negativas (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2015; RIBEIRO; KRUGLIANSKAS, 2015). Como bem definido pela fundadora e CEO da Circular Change, uma organização sem fins lucrativos da Eslovênia, Ladeja Godina:

*“A economia circular é o conceito mais antigo da Terra. A natureza faz parte de uma bioeconomia, organizada sobre os princípios da economia circular. Nada se perde e tudo tem sua finalidade.” (tradução livre).**

Um dos caminhos no campo da ciência que pode se chegar a esses objetivos é por meio da Química Verde. Ambos os conceitos e princípios apresentam diretrizes em prol do desenvolvimento de produtos e processos químicos mais otimizados, mais seguros e menos poluentes ao longo de todo o ciclo de vida de produção, levando ao uso eficiente de recursos e à eliminação de resíduos (COUTINHO *et al.*, 2019).

Dadas as limitações geradas pela pandemia, pode-se perceber um movimento bastante significativo na quantidade de eventos on-line na área, como os realizados pela American Chemical Society (ACS) e seus *Chapters*, pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) com o Festival do Conhecimento, pela Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (FIRJAN), entre muitos outros, de modo a contribuir para o entendimento do papel da Economia Circular e da Química Verde neste período.

* Fonte: <https://twitter.com/centroinnovau>. Divulgação do evento “Innovación 2050: Economía Circular”, organizado pelo Centro de Innovación UC Anacleto Angelini, pela fundação EuroChile e pela empresa TriCiclos.

Diante desse contexto, dada a importância de se buscar melhorias sistêmicas no pós-pandemia, vale realizar algumas reflexões também no seu cenário antecedente e atual.

Cenário pré-COVID-19

No cenário pré-COVID-19, a Economia Circular, que teve seu conceito sendo mais difundido desde 2013 não somente na literatura, como também com o apoio de grandes instituições, como a Ellen MacArthur Foundation (Reino Unido), a Comissão Europeia e a Circle Economy (Holanda), por exemplo, já vinha sendo aplicada por intermédio dos modelos de negócios circulares que foram sendo desenvolvidos (TAVARES, 2018). Tendo a redução das emissões de gases de efeito estufa e desaceleração das mudanças climáticas como principais motivações, pode-se observar um leque de vertentes na literatura (Figura 2), como a Agricultura Regenerativa, a Logística Reversa, o *Chemical Leasing* e a Simbiose Industrial.

No primeiro caso, pode-se citar as práticas de rotação de culturas, compostagem e substituição de pesticidas por agentes naturais (REGENERATION INTERNATIONAL, 2019). Um estudo da Fundação Ellen MacArthur (2019) estimou uma redução de quase 66% nas emissões totais projetadas para o sistema alimentar global em 2050 considerando essas variadas práticas.

Já a Logística Reversa exerce um importante papel no fechamento do ciclo produtivo no qual se busca planejar, operar e controlar o fluxo de bens de pós-venda e



Figura 2. Modelos de Negócios da Economia Circular

FOTO: Vickers (2017)

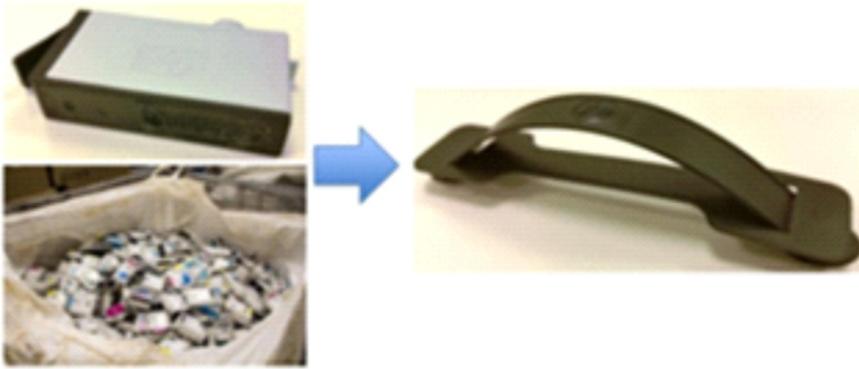


Figura 3. Alças feita com resíduos de produtos eletrônicos para compor produtos da HP

pós-consumo (LEITE, 2009). A empresa norte-americana HP e a brasileira Sintronics formaram a parceria, com o lema “*Creating a reverse logistics ecosystem*”, e estabeleceram um centro de reciclagem próximo ao local de fabricação dos equipamentos eletroeletrônicos. Foi a primeira iniciativa em Economia Circular no setor eletrônico do Brasil (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2017). A Figura 3 apresenta uma alça para embalagens da HP que passou a ser fabricada a partir de resíduos eletrônicos.

O modelo denominado *Chemical Leasing*, inspirado no sistema de Produção Mais Limpa (P+L), foi

iniciado e subsidiado pelo Ministério Federal Austríaco para Agricultura, Silvicultura, Meio Ambiente e Gestão da Água em conjunto com a UNIDO em 2004 (JAKL, 2011). Os produtos químicos são comercializados com base no serviço realizado pela substância química, passando a unidade de pagamento a ser baseada na produtividade em vez do volume. No Brasil, destaca-se o case da Ecolab com o Windsor Atlantica Hotel, na comercialização de

produtos de limpeza, cuja unidade de pagamento passou a ser em R\$/quarto ocupado por dia (baseada no serviço) e gerou economia de R\$ 2,16/quarto ocupado por dia nos gastos do hotel e de redução de 52% nos custos por produtos químicos (OESTREICH, 2014; UNIDO, 2014).

No modelo de Simbiose Industrial, os resíduos se tornam novos insumos entre empresas que podem estar situadas dentro da mesma área física (parques industriais), ou não (virtuais), quando a integração transcende o limite físico, levando à otimização de energia, água, rejeitos e outros recursos (STARLANDER, 2003).

Um exemplo bem sucedido é o parque eco-industrial de Kalundborg, na Dinamarca (Figura 4),

FOTO: symbiosis.dk (2018)

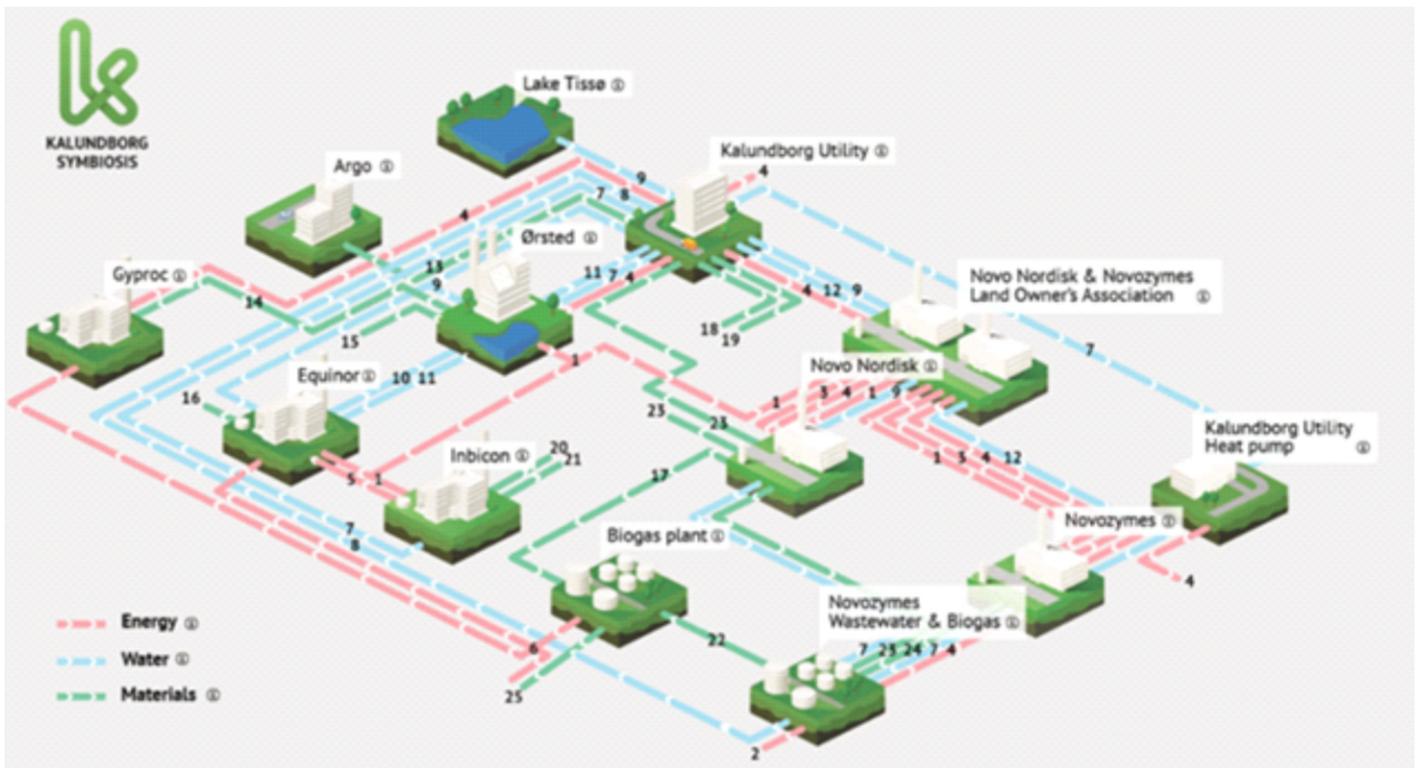


Figura 4. Representação do sistema de Simbiose Industrial no Parque Eco-Industrial de Kalundborg

reconhecido pelo intercâmbio de materiais e energia entre grandes empresas, como a Novo Nordisk e a Novozymes, cujos resíduos de levedura se tornam insumo para a produção de biogás, operado pela empresa dinamarquesa Orsted.

Cenário durante a COVID-19

Logo no início da pandemia, foram observadas rápidas respostas do meio ambiente às reduções das atividades industriais, do transporte aéreo e de circulação de automóveis no meio urbano, esses últimos responsáveis principalmente pela emissão de gases de efeito estufa na atmosfera, como dióxido de nitrogênio (NO₂) e dióxido de carbono (CO₂).

Na China, por exemplo, pode-se observar redução de pelo menos 25% nas emissões de CO₂, correspondendo a 50 milhões de toneladas métricas a menos que no mesmo período (BBC NEWS MUNDO, 2020). Registros da Agência Espacial Europeia revelaram reduções também nos níveis de NO₂ ao redor do mundo, como no caso do Rio de Janeiro e São Paulo (TEÓFILO, 2020). No norte da Índia, já é possível observar novamente os picos do Himalaia a 200 quilômetros de distância após 30 anos (UFJF NOTÍCIAS, 2020).

Por outro lado, cada vez mais temos visto alguns efeitos paradoxais, como o aumento do descarte incorreto de máscaras e luvas. Segundo estimativas da ONG Ocean Conservancy, são descartadas no mundo 129 bilhões de máscaras e 65 bilhões de luvas plásticas por mês no meio ambiente desde fevereiro, que por sua vez, estão acabando inadequadamente nos oceanos e agravando a massiva poluição pelos plásticos que já vinha sendo registrada (BBC NEWS BRASIL, 2020).

Durante a pandemia, os princípios circulares foram observados no desenvolvimento de produtos reutilizáveis.

A startup paulista Nanox e a indústria de plásticos Elka, por exemplo, desenvolveram uma máscara reutilizável pelos profissionais de saúde, contendo micropartículas à base de sílica e prata incorporadas à sua superfície, conferindo propriedades antimicrobianas e antifúngicas e,

consequentemente, maior nível de proteção contra a contaminação pelo novo coronavírus (AGÊNCIA FAPESP, 2020).

A empresa Ellapad, de Bangladesh, que já possuía a expertise em transformar resíduos têxteis em produtos de higiene feminina, passou a fabricar também máscaras reutilizáveis, constituindo mais uma iniciativa em consonância aos princípios circulares da Economia Colaborativa e de Negócios de Impacto Social (ELLA PAD, 2020). Outro exemplo é a criação de plataformas online para ajudar pequenos negócios locais durante a pandemia.

No campo da Química Verde, é possível observar também variadas iniciativas que tem contribuído para o avanço da inovação no combate ao COVID-19. No Brasil, o Instituto Senai de Inovação em Biossintéticos e Fibras e as empresas Klabin, Gualapack e Apoteka criaram uma embalagem de papel para armazenamento de álcool em gel 70% feita a partir de celulose microfibrilada (MFC) (Figura 5). O papel utilizado é proveniente de florestas plantadas e certificadas e a embalagem é 100% reciclável (KLABIN, 2020). O Instituto Senai de Inovação em Química Verde, em parceria com a Brk Ambiental e a Vitaltec Engenharia, com financiamento da EMBRAPPII, desenvolveram um método de detecção do material genético do coronavírus em redes de esgoto e que será aplicado às estações de tratamento em Macaé (FIRJAN, 2020).



Figura 5. Embalagem de álcool em gel 70% feita a partir de celulose

FOTO: Klabin (2020)

Cenário pós-COVID-19

O mundo, neste momento, passa por um grande debate sobre como se dará a recuperação da economia no pós-pandemia. A crise energética gerada no início desse período reacendeu a discussão sobre o uso de energias renováveis e tornou a transição energética para um mundo pós-carbono um caminho sem volta.

Dados relatados pela ONU (2020b) apontam que a queda nos custos da energia limpa pode impulsionar ação climática na recuperação pós-pandemia. Quase 78% dos novos Giga Watts gerados em 2019, por exemplo, corresponderam à energia eólica, solar, de biomassa, resíduos, geotérmica e pequenas hidrelétricas e são esperados investimentos cada vez maiores, onde um recorde de 21 países e territórios somam mais de US\$ 2 bilhões em energias renováveis.

Nesse sentido, um caminho de suma importância para o contexto pós-COVID-19 aponta para uma nova economia baseada na Bioeconomia. A Plataforma BioFuturo, uma coalizão internacional formada por 20 nações - incluindo o Brasil, Estados Unidos, China, Reino Unido, entre outros – determinou entre os cinco princípios de orientação para a retomada rumo à bioeconomia, a integração dos mecanismos de recompensa da sustentabilidade nas estruturas políticas, promovendo externalidades positivas da produção e uso de biocombustíveis, produtos químicos e biomateriais (BIOFUTURE PLATFORM, 2020).

O Brasil, por sua vez, possui grande potencial de acompanhar essa transição, uma vez que a sua matriz energética é composta de 46,1% de fontes renováveis (EPE, 2020). O país é o segundo maior produtor global de Etanol, tendo atingido safra recorde em 2019/2020, com 35,6 bilhões de litros produzidos, dos quais 34 bilhões de litros vêm da cana-de-açúcar, e o restante do milho (CONAB, 2020).

Além disso, o programa nacional de incentivo ao uso de biocombustíveis, o RenovaBio, poderá também incentivar a descarbonização, certificar a produção dos biocombustíveis e gerar créditos de carbono (CBIOs) (MME, 2020).

O país possui um forte ecossistema de inovação

em Química Verde, a exemplos das iniciativas nacionais já mencionadas. O primordial é que alternativas biodegradáveis e de maior valor agregado sejam cada vez mais estimuladas pelas grandes esferas do poder (governos, indústrias e universidades) para que a produção industrial atinja escalas cada vez maiores de produção.

A Suzano, por exemplo, que possui projeto em desenvolvimento para a aplicação da nanocelulose na fabricação de tecidos e a obtenção de biopolímeros, tem como grande meta substituir 10 milhões de toneladas de plásticos e derivados do petróleo por produtos de origem renovável até 2030, após fusão com a Fibria em 2019 (FONTES, 2020).

No campo dos biocosméticos, pode-se citar a Natura, que desde 2011 atua com o Programa Amazônia, de modo a desenvolver cadeias produtivas sustentáveis nas comunidades a partir de um ativo da floresta em extinção. Em conjunto à rede de parceiros locais, como a SEMA-AP (Secretaria de Estado do Meio Ambiente do Amapá), ICMBio (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade) e SEMAS-AM (Secretaria de Estado do Meio Ambiente do Amazonas), além das comunidades agroextrativistas e organizações sociais da região, já contribuiu para a conservação de 1,8 milhão de hectares na Amazônia (ABEVD, 2019). No ano de 2014, a empresa inaugurou o Ecoparques em Benevides (PA), um centro empresarial baseado no conceito de Simbiose Industrial (NATURA, 2014).

Considerações finais

É fato inegável que a pandemia do novo coronavírus afetou a sociedade global de uma maneira determinante e fez despertar a necessidade de profundas transformações humanas, econômicas, políticas, sociais e ambientais.

Diante das discussões apresentadas, não somente o caminho para a sustentabilidade, como também para um sistema sustentável a longo prazo será tema fundamental nas relações internacionais no pós-pandemia. As estratégias circulares que já vinham sendo construídas anteriormente à pandemia e que permeiam o campo da

Química Verde, mostram-se promissoras numa recuperação pós-pandemia e em consonância aos compromissos de uma economia de baixo carbono.

É importante ressaltar que a busca por soluções inspiradas na natureza tende a construir mais inovações, desenvolvimento e, conseqüentemente, uma economia mais consolidada. Compreender o seu funcionamento de forma constante, que é sempre feito de forma sustentável, levará ao fortalecimento da bioeconomia com a produção e utilização sustentável de recursos biológicos em produtos de interesse econômico, principalmente na alimentação humana e animal, bioenergia, bioprodutos, biopolímeros e especialidades.

A consolidação dos Ecossistemas de Inovação com incentivos governamentais, planejamento e políticas públicas estratégicas de curto, médio e longo prazo tendem a ser uma Janela de Oportunidade para uma maior vantagem competitiva do Brasil na Era de Covid-19 e na implementação dos conceitos de circularidade no país no período pós-pandemia. Além da sua grande biodiversidade, o país apresenta um ecossistema industrial integrado, essencial para transformar crises em oportunidades.

Como disse o historiador e filósofo israelense, Yuval Harari: “A tempestade irá passar, mas o futuro depende das escolhas que iremos fazer agora. A COVID-19 não impactará apenas a forma como organizamos nosso sistema de saúde, mas também deve moldar a maneira como estruturamos a economia, a política e a cultura.”.

Referências:

AGÊNCIA FAPESP. **Startup desenvolve máscara reutilizável com maior proteção contra novo coronavírus**. 2020. Disponível em: <<http://agencia.fapesp.br/startup-desenvolve-mascara-reutilizavel-com-maior-protECAO-contra-novo-coronavirus/32982/>>. Acesso em: 5 maio 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE VENDA DIRETA- ABEVD. **Natura contribui para a conservação de 1,8 milhão de hectares na Amazônia junto a rede de parceiros locais**. 2019. Disponível em: <[\[conservacao-de-18-milhao-de-hectares-na-amazonia-junto-a-rede-de-parceiros-locais/\]\(https://www.abevd.org.br/natura-contribui-para-a-conservacao-de-18-milhao-de-hectares-na-amazonia-junto-a-rede-de-parceiros-locais/\)>. Acesso em: 28 ago. 2020.](https://www.abevd.org.br/natura-contribui-para-a-</p>
</div>
<div data-bbox=)

BBC NEWS BRASIL. **Coronavírus: 'As máscaras que você joga fora podem acabar matando uma baleia'**. Disponível em: <<https://www.bbc.com/portuguese/internacional-53347472>>. Acesso em: 26 ago. 2020.

BBC NEWS MUNDO. **Como epidemia de coronavírus pode ter efeito positivo no meio ambiente**. 2020. Disponível em: <<https://www.bbc.com/portuguese/internacional-51682790>>. Acesso em: 27 maio. 2020.

BIOFUTURE PLATFORM. **Biofuture Platform launches Five Principles for Post-COVID Bioeconomy Recovery and Acceleration**. Disponível em: <<http://www.biofutureplatform.org/post/biofuture-platform-launches-five-principles-for-post-covid-bioeconomy-recovery-and-acceleration>>. Acesso em: 28 ago. 2020.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **País confirma recorde na produção de etanol: 35,6 bilhões de litros na safra 2019/20**. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/3342-pais-confirma-recorde-historico-na-producao-de-etanol-35-6-bilhoes-de-litros-na-safra-2019-20>>. Acesso em: 26 ago. 2020.

COUTINHO, P. BASTOS, J. B. V.; ALIJÓ, P. H. R.; GOULART, A. K. Intensificação de processos e química verde: importância para as indústrias farmacêutica, cosméticos, alimentícia e biorrefinarias. **Revista Fitos**, v. 13, n. 1, p. 74-93, 2019.

ELLAPAD. 2020. Disponível em: <<https://ellapad.org/ellapad-response-to-covid-19/>>. Acesso em: 12 jun. 2020.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Creating a reverse logistics ecosystem**. 2017. Disponível em: <<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/case-studies/creating-a-reverse-logistics-ecosystem>>. Acessado em: set. 2018.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Completing the Picture How the Circular Economy Tackles Climate Change**. 2019. Disponível em: <<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/>

publications>. Acesso em: 16 jun. 2020.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Rumo à Economia Circular: O Racional de Negócio para Acelerar a Transição, 2015**. Disponível em:

<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/Rumo-a-CC80-economia-circular_Updated_08-12-15.pdf>. Acesso em: mai. 2017.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. **Balço Energético Nacional 2020**. Relatório Síntese. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2020>>. Acesso em: jul. 2020.

ENERGY SAVING TRUST (2019). Disponível em: <<https://www.facebook.com/EnergySavingTrust/posts/today-is-earth-overshoot-day-2019-this-means-weve-used-an-entire-years-worth-of-10157552102769074/>>. Acesso em: 26 ago. 2020.

FIRJAN. **Instituto SENAI de Inovação em Química Verde e BRK Ambiental desenvolvem método inédito de detecção do coronavírus em redes de esgoto**. 2020.

Disponível em: <<https://www.firjan.com.br/noticias/instituto-senai-de-inovacao-em-quimica-verde-e-brk-ambiental-desenvolvem-metodo-inedito-de-deteccao-do-coronavirus-em-redes-de-esgoto.htm>>. Acesso em: 26 ago. 2020.

FONTES, S. **Suzano avança em bioeconomia e quer substituir o plástico**. Disponível em: <<https://valor.globo.com/empresas/noticia/2020/07/28/suzano-avanca-em-bioeconomia-e-quer-substituir-o-plastico.ghtml>>. Acesso em: 26 ago. 2020.

GLOBAL FOOTPRINT ORGANIZATION, 2019. **Earth Overshoot Day 2019 is July 29th, the earliest ever**.

Disponível em: <<https://www.footprintnetwork.org/2019/06/26/press-release-june-2019-earth-overshoot-day/>>. Acesso em: 26 ago. 2020.

GODINA, L. Disponível em: <<https://twitter.com/centroinnovauc>>. Acesso em: 27 ago. 2020.

HAIGH, L.; BÄUNKER, L. (2020). **Covid-19 and the circular economy: opportunities and reflections**. Disponível em:

<<https://medium.com/circleeconomy/covid-19-and-the-circular-economy-opportunities-and-reflections-7c2a7db70900>>. Acesso em: 25 maio 2020.

JAKL, T. **Global Chemical Leasing Award, Technology and Investment**, v. 02, p. 20-26, 2011.

KLABIN. **Klabin e Gualapack desenvolvem embalagem exclusiva para armazenamento do álcool em gel feito a partir da celulose**. Disponível em: <<https://klabin.com.br/sala-de-noticias/press-release/klabin-e-gualapack-desenvolvem-embalagem-exclusiva-para-armazenamento-do-alcool-em-gel-feito-a-partir-da-celulose/>>. Acesso em: 27 ago. 2020.

LEITE, P. R. **Logística Reversa: meio ambiente e competitividade**. São Paulo: Prentice Hall, 2009.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME. **RenovaBio**.

Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/web/guest/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/acoes-e-programas/programas/renovabio#:~:text=O%20RenovaBio%20C%20uma%20pol%20ADtica,mercado%20e%20a%20mitiga%20A7%20A3o%20de>>. Acesso em: 28 ago. 2020.

NATURA. **Natura inaugura complexo industrial sustentável em Benevides e propõe inovação em rede**.

2014. Disponível em: <<http://www.naturacampus.com.br/cs/naturacampus/post/2014-04/natura-inaugura-complexo-industrial-sustentavel-em-benevides>>. Acesso em: 28 ago. 2020.

OESTREICH, A. **Chemical Leasing: negócios inovadores desenhados para o meio ambiente**. Rio de Janeiro: 2014.

Disponível em: <http://arquivos.portaldaindustria.com.br/app/conteudo_13/2014/11/03/1125/DFE2014anaoestreich.pdf>. Acesso em: 09 jun. 2020.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS - ONU. **PNUMA lista 6 fatos sobre coronavírus e meio ambiente**. 2020a.

Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/pnuma-lista-6-fatos-sobre-coronavirus-e-meio-ambiente/>>. Acesso em: 27 maio. 2020.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS - ONU. **Queda nos custos da energia limpa pode impulsionar ação climática na recuperação pós-COVID-19**. 2020b. Disponível em

QUÍMICA VERDE

Cápsulas

A produção de etanol de segunda geração (2G) tende a ganhar forte estímulo com o coquetel enzimático desenvolvido pelo Laboratório Nacional de Biorrenováveis, do Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (LNBR/CNPEM), a partir de fungos geneticamente modificados produzidos nas próprias usinas ou outro desenvolvido pela Embrapa e o Centro de Tecnologia Canavieira (CTC), a partir de três micro-organismos, incluindo transgênicos. As enzimas são um elemento central na produção de etanol a partir da biomassa residual da cana (palha e bagaço) e representam entre 30% e 40% do custo de produção.

Cientistas de Lyon, na França desenvolveram um teste para Covid-19 que funciona como um bafômetro. Segundo informações publicadas recentemente células infectadas com o vírus emitem vapores que podem ser detectadas por nanopartículas de ouro. Segundo os autores, a eficiência do teste em distinguir entre pacientes contaminados e aqueles com outras infecções pulmonares está acima de 75%.

Uma técnica utilizada na obtenção de imagens de moléculas, conhecida como microscopia crio-eletrônica, acaba de produzir as imagens mais nítidas que obteve até agora. Discerniu, pela primeira vez, os átomos individuais de uma proteína. A façanha de um bioquímico e microscopista da Max Planck Institut em Göttingen, Alemanha, e dois biólogos estruturais na Medical Research Council Laboratory da Molecular Biology (MRC-LMB) em Cambridge, UK, de chegar à resolução atômica permitirá que pesquisadores compreendam, em detalhes sem precedentes, o funcionamento de proteínas que não podem ser investigadas através de outras técnicas utilizadas para a obtenção de imagens.

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.