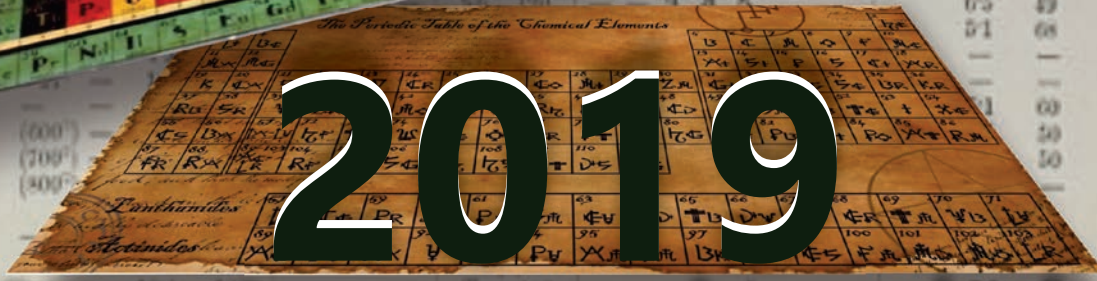
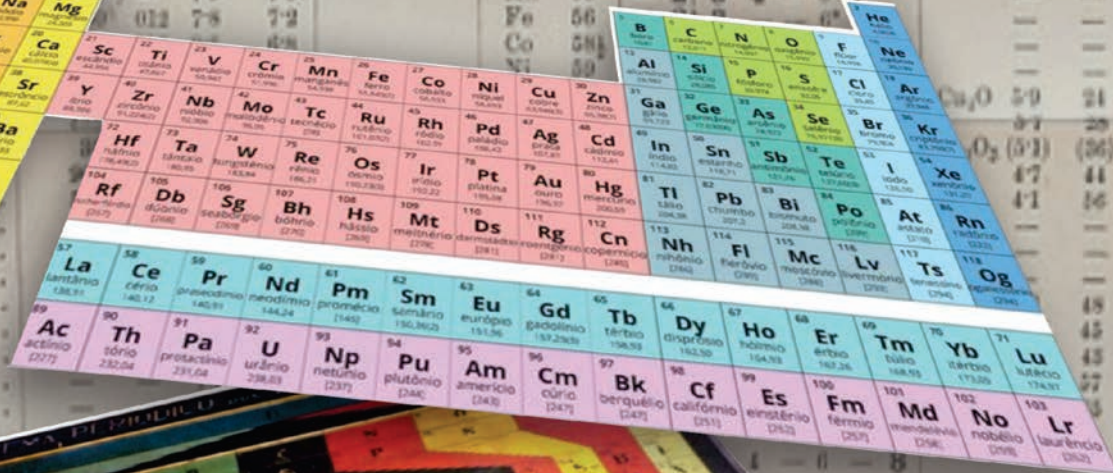


Ano 87 Nº 762 1º trimestre de 2019
ISSN: 23581697



Edição Eletrônica 20 do Nº 762

Revista de Química Industrial



2019

Ano Internacional da

Tabela Periódica



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE QUÍMICA

Eventos 2019



Simpósio Nacional
de Biocombustíveis

São Luis - MA

15 a 17 de maio de 2019

Trabalhos: 4 de abril



Simpósio
Brasileiro de
Educação
Química

IMPEQUI

Porto Alegre- RS

5 a 7 de agosto de 2019

Trabalhos: 28 de junho



Encontro Nacional
de Tecnologia Química

Teresina - PI

11 a 13 de setembro de 2019

Trabalhos: 8 de agosto



CBQ

Congresso Brasileiro
de Química

João Pessoa - PB

5 a 8 de novembro de 2019

Trabalhos: 16 de agosto

Informações: www.abq.org.br

SUMÁRIO



ISSN: 2358-1697

Revista de Química Industrial

Ano 87 Nº 762 1º trimestre de 2019

Edição Eletrônica 20

- | | |
|--|---|
| 1 <i>Sumário</i> | 16.1 <i>Caderno de Química Verde</i> |
| 2 <i>Expediente</i> | |
| 3 <i>Editorial</i> | 17 <i>Pioneiros da Química</i>
Ernesto Lopes da Fonseca Costa
Otto Vicente Perrone
Sylvio Fróes Abreu
Valter Stefani |
| 4 <i>Acontecendo</i>
11º Simpósio Nacional de
Biocombustíveis | |
| 5 <i>Capa</i>
Ano Internacional da
Tabela Periódica dos
Elementos Químicos | 29 <i>Aconteceu na RQI ...</i> |
| 14 <i>Regionais da ABQ</i>
Divulgando a Química no Brasil | 30 <i>Nota Técnica</i>
O Sistema Periódico dos Elementos |
| 16 <i>Obituário</i>
Manuel Mateus Ventura | 32 <i>Agenda</i>
<small>Eventos</small> |

Artigos Técnicos

- 33** Avaliação da atividade antioxidante de extrato de folhas de maracujá (*Passiflora edulis*) obtido com diferentes solventes
Evaluation of the antioxidant activity of passion fruit leaf extract (Passiflora edulis) obtained using different solvents
- 42** Natureza elétrica de solutos iônicos e moleculares
Electrical nature of ionic and molecular solutes
- 49** Matérias-primas Renováveis para a Produção de Biodiesel
Renewable Raw Materials for Biodiesel Production
- 56** Óleo de argan: histórico cultural, características e aplicações industriais
Argan oil: cultural history, characteristics and industrial applications

Expediente

RQI – Revista de Química Industrial

(www.abq.org.br/rqi)

Órgão oficial da Associação Brasileira de Química para divulgar os eventos que promove; publicar matérias relevantes na área de química, como entrevistas com eminentes personalidades da ciência e tecnologia em geral, artigos técnicos, técnico-científicos e científicos relacionados à área industrial, P&D (inclusive em escala de laboratório) e desenvolvimento de técnicas analíticas, bem como resenhas de livros e outras publicações. A convite do Editor, a RQI publica artigos de opinião de pessoas convidadas.

Indexada no Chemical Abstracts. Classificada no WebQualis da CAPES nas áreas de Ciências Agrárias (B5), Ciências Ambientais (B5), Direito (B4), Engenharias I (B4), Engenharias II (B4), Engenharias III (B5), Interdisciplinar (B4) e Química (B5).

Para fins de citação, a abreviatura da revista a ser usada é *Rev. Quim. Ind.*

Fundador

Jayme da Nóbrega Santa Rosa (1903-1998)

Editor

Julio Carlos Afonso (UFRJ)
e-mail: editordarqi@abq.org.br

Editor Associado

Airton Marques da Silva (UECE)

Conselho Editorial

Alvaro Crispino (CEFET-RJ)
Cláudio José de Araújo Mota (UFRJ)
David Tabak (FIOCRUZ)
Eduardo Falabella Sousa-Aguiar (CENPES e UFRJ)
Geraldo André Fontoura (Bayer e UFF)
Gil Anderi da Silva (USP)
Magda Beretta (UFBA)
Maria de Fátima Vitória de Moura (UFRN)
Newton Mario Battastini (SINDIQUIM - RS)
Peter Rudolf Seidl (UFRJ)
Sergio Roberto Bulcão Bringel (INPA e CRQ-XIV)
Silvana Carvalho de Souza Calado (UFPE)
Viridiana Santana Ferreira-Leitão (INT)

Capa, arte e diagramação

Adriana Lopes - asl.eventos@globos.com

© É permitida a reprodução dos artigos e reportagens desde que citada a fonte.

Os textos assinados são de responsabilidade de seus autores.

Normas para envio de artigos: ver na 3ª capa e no portal www.abq.org.br/rqi.



Associação Brasileira de Química
Utilidade Pública Federal Decreto 33.254 de 08/07/1953
Mantida Decreto de 27/05/1992 (DOU Seção I - 28/05/1992)

Sede Própria: Avenida Presidente Vargas, 633 - Sala 2208
20071-004 - Rio de Janeiro - RJ
Tel / Fax: +55 21 2224-4480
e-mail: secretaria@abq.org.br
www.abq.org.br

Missão: Promover e apoiar, junto à sociedade em geral, discussões e ações estratégicas para a difusão da Química e áreas afins, nos campos da ciência, da educação, da tecnologia e da inovação, por meio de visão sistêmica e integrada ao meio ambiente e ao desenvolvimento sustentável, visando à melhoria da qualidade de vida.

Visão: Ser uma entidade reconhecida em âmbito nacional e internacional, destacando-se no cenário científico e tecnológico, fundamentada na ética e na excelência de suas práticas.

Diretoria (mandato dezembro 2017 a novembro de 2019)

Presidente

Maria de Fátima V. de Moura presidencia@abq.org.br

Vice-Presidente

Silvana Carvalho de S. Calado silcalado@yahoo.com.br

Diretor Administrativo

Henrique Eduardo B. da Silva hebsquim@globo.com

Diretor Financeiro

Luis Carlos Abreu Gomes luisabq.gomes@gmail.com

Diretor de Ass. Internacionais

Agnaldo Arroio agnaldoarroio@yahoo.com

Diretor de Ass. Olimpíadas

Sergio Maia Melo obquimica@gmail.com

Diretor de Educação

Jorge Cardoso Messeder jorge.messeder@gmail.com

Diretor de Eventos

Airton Marques da Silva airton.marques@uece.br

Diretor de Relac. Interno

Jean Carlo Antunes Catapreta jcac889@hotmail.com

Diretor Técnico-Científico

Robério Fernandes A. de Oliveira roberio@skydome.net

Diretores Regionais (mandato dezembro 2017 a novembro de 2019)

Centro-Oeste

Renato Candido da Silva renatocandido_1@hotmail.com

Nordeste

Marciano Henrique de L. Neto marcianohn@gmail.com

Norte

Ana Carolina Duarte ana.carolina@crq14.org.br

Sudeste

Frederico Anderson P. Schoene fapschoene@gmail.com

Sul

Elsa Lesaria Nhuch enhuch@gmail.com

Coordenação, Gerencia e Secretaria

Coordenadora de Cursos

Adriana dos Santos Lopes cursos@abq.org.br

Gerente de Eventos

Celso Augusto Fernandes abqeventos@abq.org.br

Secretaria Geral

Fabício Antonio Costa secretaria@abq.org.br

Editorial

Julio Carlos Afonso



Ano Novo, vida nova! É com esse costume que o primeiro editorial de 2019 saúda a todos os leitores da Revista de Química Industrial no momento em que ela completa seu 87º aniversário, sendo hoje o periódico da área química mais antigo em circulação no Brasil. O Editor aproveita o ensejo para anunciar a entrada no portal da RQI (www.abq.org.br/rqi) das edições dos anos de 1938 e 1939. Um recuo de mais dois anos no tempo, mas que põe à disposição do público artigos, entrevistas e notícias referentes ao país e ao mundo mergulhados nas tensões geopolíticas que precederam a II Guerra Mundial. Os índices de autores e palavras-chave já estão atualizados, cobrindo os números 69 a 761 desta revista (81 anos!). Faltam apenas seis anos para que toda a RQI esteja digitalizada, esforço complexo e delicado dada a fragilidade desses números, impressos em papel jornal.

Este ano inicia um ciclo muito rico de celebrações históricas no qual a química tem papel de maior relevância. O Editor e a ABQ estão plenamente sintonizados com essa série de eventos, os quais serão abordados nesta Revista. Basta citar que 2019 é o Ano Internacional da Tabela Periódica dos Elementos Químicos. Não é por acaso que a primeira matéria de capa deste ano está inteiramente dedicada a este marco, oito anos apenas depois da celebração do Ano Internacional da Química. O Prof. Waldmir Nascimento Araújo Neto aborda a Tabela Periódica sob os mais variados ângulos, num texto versátil e dirigido não só a educadores, mas também ao público geral.

A seção "Pioneiros da Química" contém, a partir deste número quatro resenhas. O Editor dirigiu o foco a dois ilustres pesquisadores do INT - Ernesto Costa e Sylvio Abreu -, seus primeiros Diretores, e a dois pesquisadores muito caros à ABQ e à Química nacional que nos deixaram recentemente: Otto Vicente Perrone e Valter Stefani. Além deles, face ao falecimento recente do Prof. Emérito Manuel Mateus Ventura, entrevistado ainda em vida para esta seção da Revista ano passado (número 759), um obituário dedicado a ele foi incluído neste número.

O "Aconteceu na RQI", agora em novo formato, mais condensado, evocará fatos ocorridos nos últimos 80, 60, 40, 20 e um ano atrás. Basta clicar no link fornecido e depois selecionar o número da revista a que se referem as matérias correspondente para acessar as matérias selecionadas. Essa é a prática comumente adotada em periódicos que disponibilizam seus acervos históricos.

Fique ainda por dentro das atividades que a ABQ está preparando para este ano, a começar pelo BIOCOM, que chega este ano à São Luís, palco do CBQ do ano passado, em sua 11ª edição.

O número de trabalhos submetidos à RQI aumentou significativamente nos últimos 12 meses, o que exigiu a ampliação do quadro de assessores; o Editor agradece nominalmente aos que atuaram no ano passado em uma chamada neste número (página 28). Além disso, aumentou significativamente o acesso ao portal da Revista. Tudo isso incentiva o Editor e o Conselho Editorial para que todos os artigos publicados na RQI a partir da primeira edição eletrônica (2º trimestre de 2014) tenham seus *doi (digital object identifier)* atribuídos, primeiro passo para a indexação da Revista. Tratativas se acham em andamento nesse sentido. Todos os trabalhos deste número e aqueles publicados desde 1938 podem ser acessados gratuitamente pelo portal da Revista. Esta vem sendo procurada como uma opção para publicação de pesquisas dos mais variados campos da química e mesmo áreas correlatas. As normas de submissão de artigos (<http://www.abq.org.br/rqi/RQI-Normas-para-Submissao-de-Artigos.pdf>), são a etapa inicial para os autores submeterem seus trabalhos.

A RQI tem ainda a companhia do tradicional encarte do Caderno de Química Verde, que chega ao seu décimo-segundo número.

Esta é uma revista em contínua e permanente evolução. Eis um veículo, ao mesmo tempo tradicional e moderno, que é uma porta de entrada para o maravilhoso mundo da Química.

RQI: a memória, o presente e o futuro da química aplicada no Brasil passam por aqui!



Seguindo com a programação de tornar o BIOCOM um evento binual, após a 10ª versão ocorrida em 2017 em Recife, o evento será realizado neste ano de 2019, de 15 a 17 de maio, na cidade de São Luís, Maranhão.

A Comissão Organizadora, que acabou de realizar com grande sucesso o CBQ 2018 em novembro passado, arregaça as mangas para mais esta empreitada.

A Presidente, Gilza Prazeres, dá o tom do evento dizendo: “A partir de 1975 o governo brasileiro iniciou um intenso programa de substituição dos combustíveis derivados do petróleo por etanol. O Programa Nacional do Álcool, Proálcool, teve como base a produção de etanol a partir da fermentação da cana-de-açúcar. O programa alcançou seus objetivos e o etanol de cana passou a ser amplamente consumido na frota de veículos leves do país, isoladamente ou misturado à gasolina”.

E complementa: “Em meados dos anos 2000, a preocupação com os elevados níveis de CO₂ atmosférico e a necessidade de reduzir as importações de petróleo levaram o governo brasileiro a lançar outro programa de combustível alternativo, o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel”.

Em 2008 a ABQ lançou o BIOCOM, procurando dar espaço aos pesquisadores e profissionais

que atuam no setor para apresentar suas análises, descobertas, resultados, e principalmente, ter um fórum de discussões e troca de ideias.

Neste ano a abertura estará a cargo do Prof. Dr. Jose Vitor Bomtempo Martins, da Escola de Química da UFRJ, que vai falar sobre *a economia da bioenergia*.

Estarão no evento representantes da Petrobras, ANP, Abiogás. Bruno Colling Klein, do CTBE-CNPEM, Paulo Suarez, da UnB, Geraldo Narciso Rocha Filho, da UFPA, Marta Celia Dantas Silva, da UFPB, estarão também presentes. A programação completa pode ser vista em www.abq.org.br/biocom.

Os participantes terão no Centro de Eventos do Grand São Luís Hotel, um excelente espaço para aproveitar tanto a programação do Simpósio, a gentileza do povo maranhense, e sua maravilhosa culinária. Aproveite!



Local do evento



Ano Internacional da Tabela Periódica dos Elementos Químicos

A Assembleia Geral das Nações Unidas, em 20 de dezembro de 2017, durante sua 74^a Reunião Plenária, proclamou o ano de 2019 como o Ano Internacional da Tabela Periódica dos Elementos Químicos (*International Year of the Periodic Table of Chemical Elements – IYPT 2019*). Com base nessa decisão, o IYPT 2019 foi aprovado pela Conferência Geral da UNESCO (Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura) em sua 39^a Sessão. Oito anos depois da celebração do Ano Internacional da Química, esta área do conhecimento volta a ganhar destaque dessa magnitude.

O ano de 1869 é considerado o ano da descoberta do sistema periódico, pelo cientista russo Dmitri Mendeleev (1834-1907). Assim, o IYPT 2019 comemora o sesquicentenário (150 anos) do estabelecimento da Tabela Periódica dos Elementos Químicos. Esse Ano Internacional visa a reconhecer a importância da Tabela Periódica como uma das conquistas mais importantes e influentes da ciência moderna, que reflete a essência não apenas da química, mas também da física, da biologia e de outras áreas das ciências puras.

O IYPT 2019 é uma oportunidade para se refletir sobre os muitos aspectos da Tabela Periódica, incluindo sua história, o papel das mulheres na pesquisa científica, as tendências e as perspectivas mundiais sobre a ciência para o desenvolvimento sustentável, além dos impactos sociais e econômicos dessa área.

A partir de sua primeira versão de 1869, a Tabela Periódica sofreu diversas modificações que a levaram ao arranjo atual. Ao mesmo tempo, cabe citar que, antes do trabalho de Mendeleev, diversas tentativas de sistematizar os elementos químicos então conhecidos já haviam surgido ao longo do século XIX.

Para a Química, 2019 ainda celebra o centenário de sua instituição máxima, a União Internacional de Química Pura e Aplicada (*International Union of Pure and Applied Chemistry – IUPAC*). O Editor da Revista de Química Industrial e a Associação Brasileira de Química estarão acompanhando os passos do IYPT 2019 e dos 100 anos da IUPAC ao longo deste ano. Assim, nada mais natural do que a primeira matéria de capa da RQI ser justamente dedicada ao Ano Internacional da Tabela Periódica. Para tanto, o Editor convidou o Professor Adjunto do Instituto de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Waldmir Nascimento Araújo Neto, atual Coordenador do Programa de Pós-graduação em Ensino de Química.



Waldmir Araújo Neto

FOTO: Julio Afonso

RQI: *Como explicar que, oito anos depois, a Química volta a ter destaque em um ano internacional?*

Waldmir: O Ano Internacional da Química reafirmou o potencial de nossa disciplina em termos de diálogo com a sociedade, e essa conversa precisa ser realizada sempre. Naquele ano de 2011 foram criados projetos e iniciativas de divulgação em diversos lugares no Brasil e em diferentes segmentos da sociedade. A Química, por meio de seu repertório simbólico, representa de forma singular a Ciência no imaginário coletivo, e em 2019 iremos comemorar, simplesmente, o maior fetiche desse campo acadêmico: a Tabela Periódica dos Elementos. Não há outro signo da Química que seja tão representativo desse campo quanto a Tabela Periódica.

Ela é vedete dos brindes de empresas e grupos comerciais, celebrada em camisetas, presença em laboratórios, salas de aula, escritórios e provas, mesmo quem não precisa de uma Tabela Periódica acaba expondo-a como forma de conectar-se com a química, ou mesmo com a Ciência em si. Por isso, estamos de volta nesse 2019, comemorando o sesquicentenário do ano em que Dimitri Ivanovich Mendeleev (1834-1907) publicou seu manuscrito sobre a “relação entre os pesos atômicos dos elementos e suas propriedades”, e que continha não mais que 300 palavras, naquele volume 12 (p. 405-406) do periódico *Zeitschrift für Chemie* (Revista de Química).

Logo após o primeiro parágrafo desse texto (original em alemão) está impresso um quadro (sem legenda) que dispõe os símbolos dos elementos, associados aos pesos atômicos conhecidos à época (com interrogações para os valores em disputa), em linhas e colunas. Logo após a tabela, o primeiro parágrafo constitui aquilo que viria a se tornar a chamada Lei Periódica: “quando arranjados em acordo com a magnitude de seus pesos atômicos, os elementos mostram uma alteração gradual

(*stufenweise*) em suas propriedades”. Interessante perceber que a palavra “periódica” não aparece nesse primeiro texto cronológico, e a grande propriedade organizadora dessa primeira versão da Tabela Periódica era a Valência, além de, nas palavras de Mendeleev, os “comportamentos químicos” dos elementos. A denominação “tabela” só viria, na verdade, em seu artigo de 1871 no *Annalen der Chemie und Pharmacie* (Anais de Química e Farmácia, v. 8, p. 133-229), até então ficou registrado como “sistema dos elementos”.

RQI: *Podemos considerar a Tabela Periódica (TP) como uma das concepções mais geniais produzidas pelo gênero humano?*

Waldmir: Sim, penso que podemos inserir a Tabela Periódica no panteão das grandes produções humanas, nesse sentido mesmo, como um produto. Um dos aspectos especiais da Tabela Periódica é a sua materialidade, você pode tê-la em suas mãos, dá-la, mostra-la, ela está ali na sua frente. Essa capacidade de “presentificação” é exclusiva no caso da tabela, tendo em vista as coisas da ciência.

Ela é um artefato que tem o poder de amalgamar ideias e conceitos, organiza e revela as propriedades fundamentais dos componentes da matéria. E foi esse potencial heurístico que chamou a atenção dos químicos à época.

Sua capacidade de ordenar os elementos em função de suas propriedades serviu como suporte, e também como desafio, para o desenvolvimento das ideias sobre estrutura atômica, além de demonstrar as peculiaridades da arquitetura da eletrosfera.

A partir do primeiro quarto do século XX, o arranjo dos elétrons racionalizou as propriedades periódicas em termos didáticos, mas também contribuiu tanto para o desenvolvimento das teorias quânticas originais, quanto para a própria mecânica quântica. Houve, em certo momento, uma virada semântica, tanto quanto ontológica, e a Tabela Periódica dos Elementos, tornou-se,

tal e qual ensinamos em contextos atuais, uma tabela de átomos, e de elétrons. Isso é algo extremamente interessante, se lembrarmos que Mendeleev, assim como outros tantos químicos há cento e cinquenta anos atrás, não acreditava em átomos.

RQI: *É possível traçar uma trajetória a respeito de como a TP se inseriu no ensino brasileiro a partir do início do século XX?*

Waldmir: Podemos dividir essa trajetória em três segmentos, mas entenda que essa é uma proposta pessoal, seria importante aprofundar isso com mais dados e estudos. Eu tomo como base material os programas do Colégio Pedro II (CP II) e alguns livros didáticos antigos que trabalhei ainda na minha dissertação de mestrado. Primeiro, anterior à reforma Francisco Campos (1891-1968), de 1931, não é possível afirmar que a Tabela Periódica era um tema de estudo, mas há registros de que fazia parte dos programas escolares.

Há registros nos programas do CP II, em 1912 e em 1926, do tema “Classificação de Mendeleev” e “Lei Periódica dos Elementos”, respectivamente. Após a reforma Francisco Campos a Tabela Periódica começa a encontrar um lugar no 5º ano, o que pode ser percebido tanto nos programas do CP II, quanto nos livros didáticos. Destaco o livro de Costa e Pasquale, edição de 1940 (Companhia Editora Nacional), destinado ao 5º ano, que possui o capítulo III destinado ao estudo da “Radioatividade e Lei Periódica dos Elementos”. Nesse capítulo, entre as páginas 89 e 108, apresenta-se uma história da ideia de classificação periódica, desde as tríades de Johann Döbereiner (1780-1849), e uma impressão de página inteira do Parafuso Telúrico de Alexandre-Émile de Chancourtois (1820-1886), além da impressão da primeira Tabela de Mendeleev, e uma sessão com citações das contribuições de Julius Lothar Meyer (1830-1895). Mais à frente, percebe-se um segundo momento no qual a Tabela Periódica está colocada



Alguns trabalhos de preparação de material didático envolvendo a Tabela Periódica

FOTOS: NEAD-LIFE-UFRJ

claramente como um item de estudo. Esse momento se instala com a reforma do Ministro da Educação Gustavo Capanema Filho (1942), que colocou a química no ensino secundário, dividindo-o em Clássico e Científico. Nesse momento, a tabela/classificação periódica aparecia para o curso Clássico no segundo e terceiro anos, e para o curso

Científico no primeiro e no terceiro anos. No entanto, aquilo que temos hoje, em termos de Tabela Periódica, começa a ser fabricado no terceiro momento dessa trajetória, a meu ver, que se instala com a chegada na América Latina do Chemical Bond Approach (CBA), e sua versão escolar o Chem Study, a partir de 1960. No Brasil, especificamente, ele virá depois da instalação da ditadura militar. Nossa referência acadêmica na química havia sido a matriz europeia, desde os tempos do império. O CBA tinha como objetivo sincronizar os estudos da química na escola secundária com as expectativas da universidade, e para isso recebeu apoio de cientistas de renome à época, por exemplo, Glenn Seaborg (1912-1999) e Linus Pauling (1901-1994). Os formatos do Chem Study começam a ganhar espaço na educação brasileira em sintonia com uma série de acordos, o primeiro deles em 1966, entre o Ministério da Educação e Cultura e a Agência Estadunidense para Desenvolvimento Internacional (MEC-USAid). Nesse escopo, ocorre a criação da Comissão do Livro Didático e do Livro Técnico (CoLTED), que deveria estimular e controlar o mercado de livros, e da Fundação Nacional do Material Escolar (FENAME), que produzia materiais escolares para estudantes carentes. Já naquela época o Estado comprava os livros das editoras privadas e distribuía para as escolas.

O formato do Chem Study pretendia apresentar logo no primeiro ano da formação secundária o estudo do átomo, e vinculava a Tabela Periódica a esse contexto como uma ferramenta instrumental para o estudo do átomo, algo que em boa medida se mantém até hoje. Esse processo leva em conta também o deslocamento do argumento de organização da tabela do peso atômico para o número atômico. Com o sucesso na descrição das propriedades em função do número de prótons e com a identidade entre número de prótons e número de elétrons, a Tabela Periódica se torna um instrumento de realização da distribuição eletrônica, reafirmando o princípio da construção (*Aufbau*).

Em termos de formação secundária foi isso que aconteceu a partir da inserção do projeto do CBA. É possível baixar na internet o material do CBA, tanto os livros didáticos quanto os filmes, vale a pena dar uma conferida e ver o que mudou, e o que não mudou desde aquele tempo.

RQI: *Quais foram, em sua opinião, as evoluções mais relevantes da TP a partir da concepção inicial de Dimitri Mendeleev?*

Waldmir: A Tabela Periódica que usamos hoje não é a de Mendeleev. Muito do que se sabia àquela época sobre os elementos provinha, principalmente, de um conhecimento químico que envolvia a forma como eles reagiam. Essa natureza química estrita foi o que guiou Mendeleev para a organização da tabela, ele confiava que o sentido de crescimento da massa atômica nunca seria interrompido na série dos elementos, e que isso representava o solo firme para o seu Sistema Químico. Construir uma Tabela Periódica àquela época manifestava encontrar a própria ordem das coisas da Química ou a verdadeira Ordem da Química. Esse sentido original não existe mais na tabela da contemporaneidade, a menos de uma lembrança desse aspecto. Há hoje, em boa medida, uma forte razão instrumental, um lugar de referência para coletar algumas propriedades necessárias ao trabalho cotidiano dos químicos, e que muitas vezes oferece dados dissimilares, dependendo do fabricante, quando vamos em busca de tais informações.

Acho importante destacar alguns atores em torno da chegada dos elétrons na Tabela Periódica. A descoberta do elétron é atribuída a J. J. Thomsom (1856-1940) em 1897, então, posterior à tabela de nosso querido russo. A chegada do elétron trará uma série de modificações para a química do início do século XX, é também vai produzir alterações na Tabela Periódica. Em 1902 G. N. Lewis (1875-1946) estava trabalhando nas Filipinas, e nesse ano inicia as representações dos fantásticos “átomos cúbicos”.

Nessas representações ele assume que os elétrons (recém “descobertos”) ocorrem nos átomos tal e qual os vértices de cubos. Imaginar elétrons em átomos cúbicos pode parecer estranho hoje, mas à época Lewis segue a ordem de oito, que corresponde ao intervalo de repetição de uma propriedade na Tabela Periódica. Lewis trouxe o início da grande virada no sistema periódico, propondo o desafio de relacionar periodicidade química, combinação, e os elétrons de um nível de fronteira. As propostas de Lewis foram a base para que Irving Langmuir (1881-1957) propusesse em 1919 uma “Classificação dos Elementos em acordo com suas camadas de elétrons” (J. Am. Chem. Soc., v. 41, n. 6, p. 868-934). O manuscrito de Langmuir é quase um novo manual de Química. A partir de sete postulados, ele não somente trata do arranjo de elétrons nos átomos e moléculas, mas também discorre sobre propriedades e arranjos de elementos na tabela. Mas o passo decisivo para o rompimento com uma tabela “quadrada” viria do texto de Charles Rugeley Bury (1890-1868). O manuscrito de Bury dialoga diretamente com o texto de Langmuir (A Teoria de Langmuir do Arranjo de Elétrons em Átomos e Moléculas, J. Am. Chem. Soc., v. 43, n. 7, p. 1602-1609, 1921.) e retoma outras questões propostas por Lewis, para romper com elas, analisando em detalhes a configuração de elementos de transição, e ao propor que grupos de oito elétrons, aparentemente estáveis, se desdobram em grupos de 18 elétrons, e que também esses grupos de 18 elétrons podem se desdobrar em grupos de 32 elétrons. Nesse artigo encontra-se, pela primeira vez (p. 1607), a forma icônica da tabela que iria influenciar principalmente livros didáticos, e mantida em boa medida até hoje, com períodos curtos, médios e longos. Outro aspecto que gostaria de destacar é a disputa por primazia entre Mendeleev e Lothar Meyer. Diferentes textos de historiadores da ciência consideram Meyer o “co-descobridor” da Lei Periódica, e entendem que a prioridade sobre a classificação periódica dos

elementos deve ser dividida entre o russo e o químico alemão. Assim como Mendeleev, Meyer estava presente no Congresso de Karlsruhe (1860), e conhecia o trabalho de Stanislao Cannizzaro (1826-1910) sobre pesos atômicos, tendo chegado a editar um conjunto de textos do químico italiano em alemão. Em 1862 Meyer publicou uma Tabela Periódica que organizava os elementos em ordem crescente de peso atômico, com os elementos dispostos em colunas de acordo com sua valência, essa tabela foi republicada em um livro de 1864. Em 1868 ele expandiu sua tabela com 53 elementos conhecidos à época para um livro didático, contudo, há na literatura indicações de que a figura da tabela foi perdida pelo editor do livro, e não foi editada com a obra. Essa tabela foi publicada após a morte de Lothar Meyer em 1895.

OLIMPIADA DE QUÍMICA SP-2019

1ª Fase Redação sobre o tema: TABELA PERIÓDICA DOS ELEMENTOS QUÍMICOS
Comparação experimental de propriedades periódicas

Proclamação da ONU: 2019 - Ano Internacional da Tabela Periódica

Atividade de Redação: Individual ou em grupo de até 5 estudantes de ensino médio do 2º ou 3º ano.

Extensão: até 4 páginas, incluindo introdução.

Seleção: Prova de química de acesso realizada duas de 2ª e duas de 3ª série.

Inscrição na ABQ-SP: até 21/mar/2019

4 inscrições por escola, com formação de inscrições, online disponível no ABQChem.

Divulgação dos Resultados:

- 31/mar/2019;
- 100 melhores selecionados - 1ª fase;
- 40 melhores "bolsistas" da FINEST-2019 (Exatas e Biológicas, 2ª fase);
- 8 vencedores do TQ (IQUNICAMP);
- 4 vencedores do TQ (FCLRP/USP).

Fase Final - Prova de Conhecimento e Redação:

Data e local: 08/jun/2019, Instituto de Química da USP, São Paulo, SP.

Certificação: -400 para finalistas e bolsistas.

Prêmios: "Bolsista", "Prof. G. Vanderschueren" para a Química, "Destaque" para o melhor de 2019, 50 medalhas e 30 menções na Olimpíada Brasileira de Química, na sequência da premiação.

Informações: Instruções para a redação, regulamento e inscrições: <http://abqchem.usp.br> e abq@iq.usp.br

PROMOÇÃO APOIO

PATROCÍNIO

Abiclor, CLARIANT, Dow, Mackenzie, Predlecta, Braskem

Olimpíada de Química da ABQ-SP com o tema da Tabela Periódica

Julius Lothar Meyer tem um lugar especial nessa história, seria importante que o Ano Internacional da Tabela Periódica trouxesse isso à tona.

RQI: *Que novas formas de trabalhar a TP no ensino existem hoje (incluindo jogos, atividades lúdicas etc.)? A partir de quando os alunos podem iniciar seus contatos?*

Waldmir: Eu posso dizer com tranquilidade que a Tabela Periódica é, de longe, o tema escolar da química que mais possui trabalhos voltados para a elaboração de jogos, entre outras atividades lúdicas e didáticas.

Só no acervo do Journal of Chemical Education existem 341 entradas de artigos que tratam de usos didáticos para a Tabela Periódica, no portal Periódicos da CAPES são mais de 90 artigos com esse tema, e no recém criado portal eduCAPES, voltado exclusivamente para recursos didáticos, são 86 entradas. Todo esse acervo registrado evoca diferentes modos de trabalho, por exemplo: jogos de cartas, tabuleiros, vídeos, portais exclusivos sobre a Tabela Periódica, ambientes em LIBRAS, materiais impressos para cegos e pessoas com baixa visão, entre outros. Essas entradas são aquelas que estão registradas, mas com certeza há outras iniciativas que se multiplicam em cada ano, em diferentes locais, que podemos acompanhar nos anais de eventos, além de projetos escolares e iniciativas pessoais, existem muitas estratégias e sequências didáticas para a Tabela Periódica.

Nesse grande conjunto de “produtos didáticos”, encontram-se também os vídeos que nosso grupo do Instituto de Química da UFRJ produziu sobre a Tabela Periódica: uma série de quatro vídeos com a técnica de *stopmotion* que usa a estética do brinquedo LEGO. Ainda está por vir uma nova produção até meados de 2019, também com a estética do LEGO, que contará “Uma História da Tabela Periódica”.

RQI: *Que importância podemos destacar para a TP*

no ensino e na pesquisa nas áreas química e correlatas?

Waldmir: Os dois maiores desenvolvimentos da física no século XX: a relatividade de Einstein e a Mecânica Quântica trouxeram uma profunda influência na forma como entendemos o sistema periódico dos elementos atualmente.

Inicialmente a relatividade oferecia pouco impacto sobre a Tabela Periódica, mas isso tem se modificado à medida que elementos pesados têm sido sintetizados e se torna necessário cada vez maior precisão nos cálculos sobre átomos e moléculas. A relatividade passa a entrar em cena toda vez que objetos se movem próximo à velocidade da luz, e os elétrons mais internos dos elementos mais pesados parecem manifestar essas velocidades em cenário relativístico. Para esses átomos pesados as correções relativistas são importantes. Por outro lado, a histórica da mecânica quântica abraça toda a história da Tabela Periódica no século XX.

Se pensarmos bem, a própria noção de elétrons em uma camada é uma noção quântica. Essa noção é fluida hoje nas salas de aula de química no ensino médio, e tem sua referência de trabalho didático na Tabela Periódica. Ainda assim, não é verdade que a mecânica quântica tenha se tornado o campo fundamental de referência para explicá-la. A Tabela Periódica ainda hoje, cento e cinquenta anos depois, é um campo em disputa, um território de pesquisa acadêmica. Não somente a busca por novos elementos, e os desafios de verificação das propriedades periódicas, mas também relocalizações sobre o conceito de elemento químico, e as tensões acerca de qual é a melhor forma para a Tabela Periódica.

Haveria uma forma de tabela “perfeita”? Uma referência importante para o leitor da RQI é o livro de Edward Mazurs (*Graphical Representations of the Periodic System During 100 years*, University of Alabama Press, 1974).

Nesse livro há 700 formas gráficas diferentes de representar a classificação periódica dos elementos, desde a tabela de Mendeleev, e posterior a essa publicação, pelo menos umas 300 outras apresentações gráficas foram propostas.

Muitas delas não oferecem nada de novo, e outras desse repertório são inconsistentes, e oferecem perspectivas impróprias das propriedades, mas é, sem dúvida um número expressivo que ainda necessita de uma investigação criteriosa que possa propor uma justificativa para tal investimento.

RQI: *Acredita em um limite para a síntese de elementos superpesados além do oganessônio (o elemento de número atômico 118)?*

Waldmir: A Tabela Periódica contemporânea consiste de 92 elementos químicos de ocorrência natural, encerrando no Urânio. Alguns, como o tecnécio ($Z = 43$) (previsto por Mendeleev como eka-manganês), foram primeiro criados artificialmente e depois encontrados em sua ocorrência na natureza. Os elementos sintéticos ofereceram um desafio aos químicos em termos de seus arranjos na Tabela.

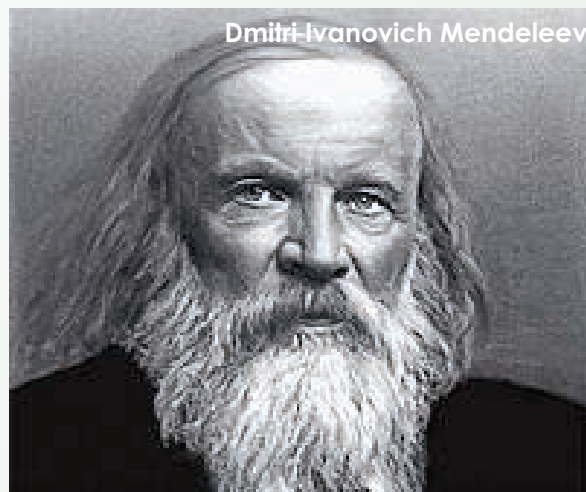
Suas propriedades não encaixavam nas previsões de grupo, e foi com base nisso que Seaborg propôs uma grande modificação na Tabela em 1945, os elementos começando com o actínio (89) também deveriam ser considerados “Terras Raras” (Chem. Eng. News, v. 23, n. 23, p. 2190-2193, 1945). Nesses 150 anos desde Mendeleev, as conjecturas sobre o número de elementos possíveis tem sido diversas. É importante lembrar que o salto de $Z = 118$ (oganessônio) para $Z = 175$, por exemplo, envolve efeitos relativísticos desconhecidos. Até hoje, a relatividade e a mecânica quântica não são unificadas. Embora as previsões de estabilidade nuclear pareçam projetar elementos viáveis até $Z = 172$, a produção já é problemática em $Z = 120$, principalmente devido às meias-vidas não serem longas o suficiente para a detecção.

Resta saber se novas tecnologias de síntese permitirão essa busca, ainda assim parece uma possibilidade. As próximas etapas desse desafio parecem estar cheias de surpresas que permitirão, ou provocarão ao menos, modificações no tratamento relativista da estrutura eletrônica.

Tabela Periódica dos Elementos Químicos

RQI: *Podemos indicar Dimitri Mendeleev como um dos gigantes da química em todos os tempos? Além da TP, que outros trabalhos de destaque ele produziu em vida?*

Waldmir: Entre 1869 e 1905 Mendeleev publicou, ao menos, treze artigos somente sobre a classificação periódica dos elementos. Esses artigos trataram de firmar a Lei Periódica, problematizar diferentes aspectos da recente classificação, comunicar propriedades de elementos, e prever a existência de outros não descobertos, principalmente o eka-alumínio (Gálio, descoberto em 1875) e o eka-silício (Germânio, descoberto em 1886). O prefixo “eka” provém do Sânscrito e refere-se como “um”, no sentido de estar uma casa abaixo do elemento de referência no termo. O Gálio está abaixo do Alumínio e o Germânio está abaixo do Silício na Tabela Periódica. Como é possível perceber, Mendeleev estava vivo e produtivo durante a descoberta desses elementos, e isso trouxe forte impacto para sua imagem como pesquisador. Ele fazia previsões para o que havia na natureza, e dizia como isso deveria se comportar, as características de seus óxidos, sulfetos, acidez e basicidade. Era ler o artigo e conferir na bancada. Ele não acertou em todas as previsões é verdade, mas sua eficácia preditiva assusta até hoje. Mendeleev é, com certeza, um dos gigantes da química de todos os tempos, e foi um dos fundadores da Academia Russa de Química em 1869. Com sua proeminência acadêmica, o estado russo abraçou-o para outros campos. Ele trabalhou em segmentos da química voltados para a agricultura, petróleo e a indústria de explosivos. Ele foi Diretor do Bureau de Pesos e Medidas da Rússia desde 1893 até sua morte em 1907. Mendeleev também esteve comprometido com a popularização da ciência, e muito profundamente com o ensino de química em sua época. Mendeleev teve sérias tensões com o Ministro da Educação Ivan Davidovich Delyanov (1818-1898), que esteve no cargo entre 1882-1897. Delyanov, entre outras medidas, retirou autonomia das universidades,



restringiu o acesso de filhos de cozinheiras, lavadeiras, lacaios e pequenos comerciantes à educação, “a menos que tivessem altas habilidades”. O Ministro também proibiu o acesso das mulheres à Universidade. Em Março de 1890, Mendeleev levou um pedido de estudantes ao Ministro Delyanov para reconsideração de uma série de medidas restritivas, o qual foi veementemente rejeitado. Nesse ano Mendeleev deixa a Universidade de São Petersburgo, passa um período desempregado, e em 1891 aceita convite para ser consultor científico do Ministro da Marinha. Mendeleev nunca recebeu um prêmio Nobel. Depois de 1904, quando o prêmio foi dado para William Ramsay (1852-1916) “em reconhecimento de seus serviços na descoberta dos elementos gasosos inertes no ar (gases nobres), e sua determinação de seu lugar no sistema periódico”, Mendeleev foi nomeado em 1905, mas o prêmio foi entregue à Adolf von Bayer (1835-1917). Mendeleev foi indicado novamente em 1906, mas o prêmio agora foi dado a Henri Moissan (1852-1907), pelo isolamento do elemento Flúor. Nas duas vezes Mendeleev ficou em segundo lugar na lista. Mendeleev foi nomeado pela terceira vez para o ano de 1907, mas era tarde demais. Em 2 de fevereiro de 1907, Dimitri Ivanovich Mendeleev morreu de gripe. O corpo do gigante russo foi carregado em uma procissão fúnebre, dirigida por estudantes, que carregavam em suas mãos uma imensa Tabela Periódica.



Alunos do Life – Laboratório Interdisciplinar de Formação de Educadores, do Núcleo de Educação à Distância da UFRJ (NEaD-LIFE-UFRJ) e do Laboratório de Estudos em Semiótica e Educação Química, vinculado ao Instituto de Química da UFRJ (Leseq-IQ-UFRJ)

RQI: *Que mensagem final gostaria de deixar aos leitores da RQI?*

Waldmir: Comemorem o Ano Internacional da Tabela Periódica, procurem artigos, referências, revistas, filmes, animações, muito material será produzido nesse ano. Todo esse acervo vai influenciar muitos debates nos próximos anos. Uma produção biográfica recente sobre Mendeleev é o livro de Michael Gordin, pela Princeton University Press (2019), *“A Well-Ordered Thing: Dmitrii Mendeleev and the Shadow of the Periodic Table”*. Outra referência importante para a história da Tabela Periódica é o livro do Professor Eric Scerri, pela Oxford University Press (2007), *“The Periodic Table, its Story and its Significance”*. E não deixe de se inscrever no nosso canal no Youtube: Life CAPES UFRJ. Lá você poderá acessar os nossos vídeos da Tabela Periódica e outros voltados ao ensino de química ([youtube.com/lifeufrj](https://www.youtube.com/lifeufrj)).

O Life-Laboratório Interdisciplinar de Formação de Educadores é um Laboratório do Núcleo de Educação à Distância da UFRJ (NEaD-LIFE-UFRJ) e o Laboratório de Estudos em Semiótica e Educação Química está vinculado ao Instituto de Química da UFRJ (Leseq-IQ-UFRJ).

O Life e o Leseq hoje contam com a participação de estudantes de Graduação e de Pós-graduação: Bruna de Lemos Novo (IQ-UFRJ), Danielle Costal de Castro (IQ-UFRJ), Natalia da Silva Werneck (IQ-UFRJ), Nathalia Oliveira Almeida dos Anjos (IQ-UFRJ), Lucas Souza Mathias (IQ-UFRJ), Natalia Neves (IQ-UFRJ), Roberta Reolon Pereira (PEQui-IQ-UFRJ), Aline Florentino (PEQui-IQ-UFRJ), Danielle Rosa (PEQui-IQ-UFRJ), Caroline Azevedo (PEQui-IQ-UFRJ), Allan Rangel Campos (ProfQui-IQ-UFRJ), todos envolvidos em estudos sobre o lugar do audiovisual na educação.

Notas do Editor:

→ O portal oficial do IYPT 2019 (em inglês) é <https://www.iypt2019.org>.

→ O Professor entrevistado pode ser contatado pelo endereço eletrônico: waldmir@iq.ufrj.br.

→ Seu Currículo Lattes pode ser acessado clicando em <http://lattes.cnpq.br/4908905422036211>.

→ O portal do programa de Pós-Graduação em Ensino em Química é <https://www.iq.ufrj.br/pequi/>.



Associação Brasileira de Química

Regionais da ABQ divulgando a Química no Brasil

ABQ Amazônia Ocidental

ABQ Amazônia Ocidental
participa da celebração
dos 30 anos do
CRQ-XIV





ABQ Amazônia Ocidental participa da celebração dos 30 anos do CRQ-XIV

Manaus se transformou na capital nacional da Química, entre os dias 21 e 23 de fevereiro, com a celebração dos 30 anos de atividades do Conselho Regional de Química da 14ª Região (CRQ-XIV), cuja área de atuação abrange os estados do Amazonas, Acre, Rondônia e Roraima. A instituição realizou um ciclo de palestras e minicursos com o tema “Integrando a Química na Amazônia”, reunindo mais de 330 profissionais, técnicos e estudantes da área.

A programação contou com o apoio da Associação Brasileira de Química - Regional Amazônia Ocidental (ABQ-AO) e ofereceu aos participantes um painel de compartilhamento de técnicas e práticas, além de promover a reflexão sobre os horizontes da atividade na Região Norte.



Robério Oliveira com Ana Caroline Duarte

A mesa de abertura do evento, contou com as presenças de (na foto acima, da esquerda para a direita), do Presidente do CRQ-XIV, do Prof. Dr. Gilson da Costa Mascarenhas; do Presidente do Conselho Federal de Química, Prof. Dr. José de Ribamar Oliveira Filho; da Vice-Presidente da ABQ, Profa. Dra. Silvana Carvalho de Souza

Calado; e da Presidente da Federação Nacional dos Profissionais da Química, Profa. Dra. Sandra Maria de Souza.

Durante a cerimônia, destacou-se, dentre outros temas, a relevância de aproximar a comunidade da Química de todo o país, integrando e fortalecendo o sistema.

Gilson da Costa Mascarenhas afirmou que “a participação de entidades tão importantes nesta comemoração demonstra que estamos no caminho certo para a valorização e promoção da Química como vetor de desenvolvimento para o Brasil”. E concluiu dizendo que “este é o momento de homenagear uma história de três décadas de vitórias que a categoria conquistou na Região Norte. E, sobretudo, o trabalho árduo que esses profissionais desempenham em prol da sociedade”.

Participaram como palestrantes no evento a Profa. Dra. Maria das Graças Cleophas Porto, da UNILA, a Diretora-tesoureira da ABQ-AO, Profa. Waldireny Caldas Rocha, a Diretora de Divulgação da ABQ-AO, Profa. Queila Druziam, o Diretor Técnico-Científico da ABQ, Engo. Quím. Robério Fernandes Alves de Oliveira, que foi homenageado no encerramento do evento, recebendo a medalha de 30 anos do Conselho Regional de Química da 14ª Região.

A organização do evento contou com a participação de representantes da Associação Brasileira de Química Regional Amazônia Ocidental, dentre eles, o Presidente, Prof. Dr. Pedro Campelo de Assis Junior, e a Diretora Secretária, Ana Caroline Duarte, que também é Diretora da Regional Norte da ABQ.

Manuel Mateus Ventura

Faleceu no dia 31 de dezembro de 2018, aos 97 anos, o Professor Emérito da Universidade de Brasília Manuel Mateus Ventura. Nascido em Fortaleza em 21 de junho de 1921, formou-se em Agronomia em 1943 pela então Escola de Agronomia do Ceará, atualmente Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará (UFC). Sua primeira atividade acadêmica foi como Professor de Química Orgânica no curso de agronomia. Suas primeiras pesquisas visavam entender as correlações das propriedades físico-químicas em séries homólogas de compostos orgânicos, e o cálculo de propriedades termodinâmicas a partir de dados de espectroscopia infravermelha.

Tornou-se professor titular e estimulou jovens para a pesquisa, tendo como tema a biologia vegetal, abordando questões como ação de inibidores metabólicos na abertura e fechamento de estômatos e na ação de antibióticos no crescimento de plantas superiores. Desempenhou papel central na criação do Instituto de Química e Tecnologia (IQT/UFC) em 1958, tendo sido seu diretor até 1968.

Em 1970 foi convidado para a Universidade de Brasília (UnB). Lá, criou o Laboratório de Biofísica e desempenhou papel importante na criação do primeiro curso de biologia molecular no país, juntamente com os Professores Carlos Médicis Morel e Eugen Gander.

Segundo Isaac Roitman, Professor emérito da Universidade de Brasília, em nota redigida para a Academia Brasileira de Ciências, "as qualidades didáticas do professor Ventura eram excepcionais. As suas brilhantes exposições da área de físico-química eram encantadoras". Publicou inúmeros trabalhos, principalmente nos Anais da Academia Brasileira de Ciências. Recebeu homenagens como a



FOTO: Arquivo RQI

Ordem Nacional de Mérito Científico na categoria de Grã-Cruz, e o Prêmio Anísio Teixeira. Foi membro titular da Academia Brasileira de Ciências.

O Prof. Henry de Holanda Campos, Reitor da Universidade Federal do Ceará, em nota oficial, afirma: "seu compromisso com a ciência, sua liderança acadêmica, suas excepcionais qualidades como pesquisador e como professor, essa é a herança de Mateus Ventura, uma personalidade a quem, durante décadas, devotamos justificada admiração e que, para sempre, será merecedor de nossa respeitosa reverência."

Já para Isaac Roitman, "o Professor Ventura deixa saudades e um belo legado que passa a fazer parte da história da Universidade de Brasília e da Ciência brasileira".

O Prof. Ventura foi matéria da seção "Pioneiros da Química" no número 759 desta Revista, juntamente com o Prof. Alberto Luiz Galvão Coimbra:

<http://www.abq.org.br/rqi/2014/759/RQI-759-pagina18-Pioneiros-da-Quimica.pdf>.

CADERNO DE QUÍMICA VERDE

Ano 4 - Nº 12 - 1º trimestre de 2019

Neste Caderno

16-3



Reflexões sobre o clima,
sustentabilidade e
Química Verde

16-8



Oportunidades e Desafios
na Cadeia Produtiva
do Biodiesel.

16-18



EQHands-On – uma nova
abordagem didática em
engenharia de processos

16-2

Editorial

16-11

QUÍMICA VERDE

em Cápsulas

Moléculas com formas difíceis
obtidas por implosão

Nanoestruturas tridimensionais
de carbono

16-12

QUÍMICA VERDE

nas Empresas

MEG verde da Braskem e Topsoe

Nova gestão do Centro de
Biotecnologia da Amazônia

16-13

Ressonância magnética
nuclear em baixo campo
RMN-DT - análises rápidas e verdes

16-22

QUÍMICA VERDE

Eventos

Yale-UNIDO Train-the-Facilitator
Workshop in Green Chemistry

IX EEBQV

Ao completar seus primeiros dez anos de existência no Brasil a Química Verde passou por vários avanços e retrocessos. Felizmente, a partir do início deste ano, quase todos os sinais são bastante encorajadores. O mais emblemático é o “Green New Deal”, submetido ao Congresso dos EUA em fevereiro. Esta iniciativa, que tem por objetivo incentivar a adoção de um novo modelo econômico que tire os Estados Unidos da liderança dos países mais poluidores do planeta, evoca recordações do conjunto de reformas que pautou o desenvolvimento americano após a crise financeira de 1929. Ainda é cedo para avaliar os seus impactos e sua capacidade de promover uma economia mais verde e equitativa, mas o fato de que foi proposto por novas lideranças políticas, credenciadas por expressivas votações, e que despertou grande interesse em Washington é muito significativo! Outras manifestações, tanto por parte da Organização das Nações Unidas (ONU) quanto do Fórum Econômico Mundial, realizado em Davos, Suíça, em janeiro deste ano, são comentadas em **DEPOIMENTOS**. É encorajador saber que a ONU ouve consultores do mais alto calibre ao assumir suas posições. Também é digno de nota que tanto um dos mais influentes formuladores de opinião dos maiores detentores do PIB mundial quanto um político de centro-esquerda, recentemente eleito para dirigir um pequeno país que vem investindo pesadamente na recuperação de sua cobertura florestal, são capazes de chegar a denominadores comuns face aos desafios atuais.

No plano nacional, após uma avalanche de más notícias, tanto na área econômica quanto na ambiental, parece que a maré está finalmente mudando. O Conselho Federal de Química, que nas palavras de sua saudosa Presidente, Hebe Martelli, “tem por finalidade proteger a sociedade da Química”, está sendo reformulado após muitos anos de baixa visibilidade. Seu planejamento estratégico não deixa dúvidas sobre seus novos rumos. Seu propósito é de “Promover a atividade plena da Química, com vistas a contribuir para o desenvolvimento sustentável do país”. **DEPOIMENTOS** selecionou trechos das edições passadas do Caderno que refletem suas posições sobre a química verde no cenário nacional.

Também em termos de **EVENTOS**, o início do ano trouxe as excelentes notícias desta edição, como a conclusão de importante etapa do Projeto UNIDO-Yale-ISI Química Verde que trouxe John Warner, um dos formuladores da própria Química Verde, ao Brasil para o Workshop “Treine os Facilitadores” e a conferência sobre “Química Verde: Criando um Futuro Sustentável”. As atividades da semana incluíram ainda uma mesa-redonda sobre: “Oportunidades e Desafios para a Química Verde no Brasil”. Neste ano acontecerão ainda as Reuniões da Rede dos Centros de Pesquisa em Química Verde no final de maio (no Rio de Janeiro, RJ) e no início de junho (em Piracicaba, SP) assim como o IX Encontro da Escola Brasileira de Química Verde previsto para final de agosto, em Uberlândia, MG.

Boas notícias têm sido mais frequentes em **EMPRESAS**. Logo no início do ano passado o Caderno anunciou a inauguração do novo centro de pesquisas da Croda, em Campinas, SP. Trata-se de um conjunto de instalações que está em condições de estabelecer parcerias com pesquisadores de universidades e centros de pesquisas no desenvolvimento de produtos e processos que atendam atuais critérios de sustentabilidade (Caderno 8, pág. 12-8). Já no 3º Trimestre entrou em operação a fábrica da Suzano Papel e Celulose em Limeira, SP, para a produção de lignina e seus derivados. Assim abrem-se novas oportunidades para substituir derivados de petróleo por produtos de alto desempenho baseados em matérias primas renováveis. (Caderno 10, pag. 22-6). E as boas notícias não param nestes dois casos. A notícia da transferência do ISI Biossintéticos para o Parque Tecnológico da UFRJ está na mesma edição do Caderno (pág. 22-8). A entrada em operação das primeiras unidades está prevista para o segundo semestre deste ano. Já na presente edição, o anúncio da partida da unidade de demonstração do monoetilenoglicol (MEG) a partir de açúcares de diversas biomassas, desenvolvido pela Braskem em parceria com a Haldor Topsoe, reforça sua posição de liderança no continente na busca de polímeros produzidos a partir de matérias primas renováveis. A passagem da administração do Centro de Biotecnologia da Amazônia para ABBio põe fim a uma situação de instabilidade institucional na gestão de um complexo de instalações físicas que cobrem 12.000 km² de área construída e incluem 25 laboratórios, uma planta piloto para processos em escala Industrial, uma Incubadora de empresas de base tecnológica, um biotério e uma unidade de produção de extratos, igualmente importante são os conhecimentos acumulados por seus pesquisadores e técnicos ao longo dos anos e que correm um sério risco de serem dispersos e perdidos se não forem logo aplicados a questões urgentes, vinculadas ao aproveitamento dos recursos da região de maneira sustentável.

Novas oportunidades proporcionadas pelo uso de subprodutos de fabricação do biodiesel na obtenção de substâncias empregadas na indústria química, as vantagens da adoção de novas técnicas não-destrutíveis na análise de derivados da biomassa e os resultados obtidos por uma organização voluntária que estuda inovações no ensino de engenharia de processos que resultam em aumentos de eficiência na operação de unidades industriais são abordados em **ARTIGOS TÉCNICOS**. Duas contribuições da criatividade no desenho de processos para obtenção de materiais com as propriedades desejadas com um mínimo de custos são apontadas em **CÁPSULAS**.

Peter Seidl, Editor



No Ano 2000 a Organização das Nações Unidas consolidou as metas estabelecidas nas conferências mundiais ao longo dos anos 90 que tinham por objetivos o desenvolvimento sustentável e a erradicação da pobreza no mundo. O resultado ficou conhecido como os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM).

Embora nem todas as metas tivessem sido alcançadas no prazo previsto houve avanços indiscutíveis no nível de vida e na melhoria da qualidade da educação e da saúde que estão ao alcance de segmentos menos favorecidos da população.

Uma conscientização de que hoje as todas as pessoas estão interconectadas e precisam contribuir para o bem-estar geral já é um enorme avanço. Sendo este um dos fundamentos do desenvolvimento sustentável e, portanto, da química verde.

Depoimentos fez uma seleção de manifestações recentes sobre estas questões, tanto das publicadas em edições anteriores, quanto daquelas consideradas particularmente apropriadas para enfrentar desafios atuais.

“A consecução dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio requer uma parceria global apropriada a um mundo interconectado. O mundo realmente

compartilha um destino comum.”

Jeffrey D. Sachs ,
<http://www.institutoatkwhh.org.br/compendio/?q=node/19>, acesso em 8 de março.

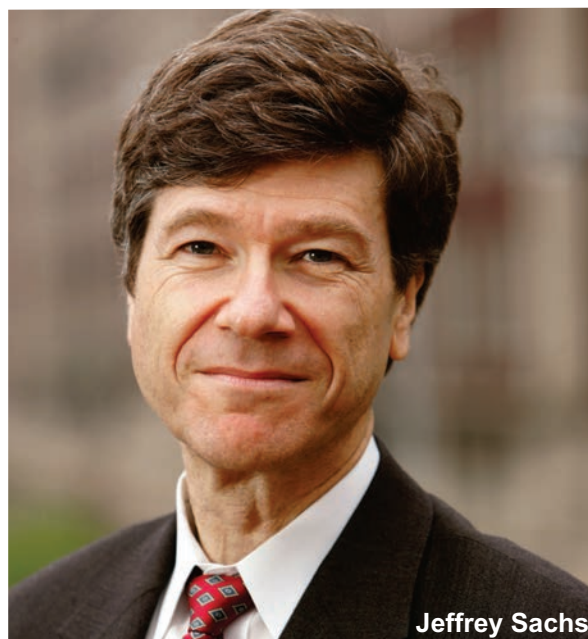


FOTO: Wikipédia

Jeffrey Sachs

Não obstante o progresso alcançado, tudo indica que o atual momento é de profundas mudanças.

O mundo passa por um era de rápida inovação tecnológica ao mesmo tempo que questiona alguns dos valores que impulsionaram estes avanços, como a globalização, a capacidade de auto regulação de mercados e redes sociais e, acima de tudo, os recursos que sistemas democráticos dispõem para enfrentar desafios

como a desigualdade, a intolerância e o nacionalismo.

A própria natureza também contribui com fenômenos climáticos, cada vez mais frequentes e severos, que propagam a morte e destruição.

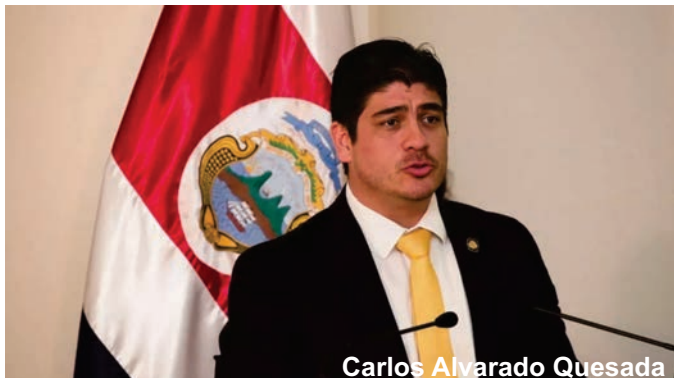


FOTO: Costa Rica News

“Vamos viver mais tempo neste mundo e sentir os efeitos devastadores das mudanças climáticas. Quando envelhecermos nos perguntarão se fizemos o suficiente a respeito. Precisamos responder esta pergunta hoje, agora... e mostrar que... sustentabilidade e crescimento podem caminhar de mãos dadas. A sustentabilidade gera inovações, novos desenvolvimentos, novos empregos. Nossa tarefa é mostrar como isto é possível.”

Carlos Alvarado Quesada, Presidente da Costa Rica, Time, 18-25 de Fevereiro, 2019, p. 23.

* * *

“Os grandes desafios... não são solucionadas apenas por mudanças, precisam assumir uma forma... ser definidas por seres humanos, por formuladores de políticas, por pessoas...Precisamos criar novos mecanismos e instituições preparadas para os novos desafios...Se não for capaz de manter a confiança, um negócio

não é sustentável...Temos definido nossas metas com base na produção e consumo. Talvez agora possamos deslocar esta narrativa para a solidariedade e parceria...Hoje já se nota uma tendência no sentido de produtos mais saudios. A próxima etapa será comprar produtos que não causam danos ao meio ambiente, que não são produzidos em condições inaceitáveis para os trabalhadores.”

Klaus Schwab, Fundador do Fórum Econômico Mundial, Time, 4–11 de Fevereiro, 2019, p. 63.



FOTO: Wikipédia

* * *

A Escola Brasileira de Química Verde foi criada dez anos atrás com o objetivo de estudar e promover as contribuições dos processos químicos para o desenvolvimento sustentável do país.

O lançamento deste Caderno partiu da constatação de que, embora haja uma conscientização geral do que seja a sustentabilidade, o papel dos processos químicos na produção dos bens e serviços que assegurem

um nível adequado de segurança e bem-estar nem sempre é compreendido pelo grande público.

Seguem trechos relevantes dos Depoimentos que constam de suas páginas.

* * *

“Química Verde é um conceito mais abrangente que o uso de matérias primas renováveis...engloba a redução do consumo de energia, água, matérias primas e insumos químicos, por exemplo...”

Fernando Figueiredo, Abiquim, Caderno 1, p. 22-3.



* * *

“A Química Verde possui um papel central nos projetos atuais de inovação para aumentar a competitividade da indústria química brasileira.”

Carolina Andrade, Instituto Senai de Inovação Biomassa, Caderno 10, p. 22-3.



Há um déficit de empreendedorismo ... em segmentos como os baseados em processos químicos, nos quais haja necessidade de investimentos em infraestrutura para a realização de provas de conceito.”

José Carlos Pinto, Polo de Tecnologia da UFRJ, Caderno 9, p. 20-3.



* * *

“Em qualquer modelo de Química Verde, além do social e do ambiental há que se incluir o econômico...sem esse não é sustentável e, portanto, não é verde ... Química Verde é uma filosofia, um processo. Não se pode dizer “sou verde” e sim “sou mais verde”.

Eduardo Falabella de Sousa-Aguiar, Escola de Química da UFRJ, Caderno 3, p. 10-2.



“O componente experimental torna-se imperativo considerando a complexidade das matérias primas e o seu processamento, seja ele físico, químico e/ou bioquímico.”

Carlos Vaz Rossell, Consultor, Caderno 4, p.14-7.

FOTO: CNPEM



RQI 749 - 3º TRIMESTRE 2015
Edição com o tema Química Verde

* * *

* * *

“...a experimentação do ensino de química acaba...se limitando a demonstrações e verificação de conceitos..., o mais importante é a utilização dos experimentos para materializar o método científico de investigação.”

Antonio Aprígio S. Curvelo, USP-São Carlos, Caderno 4, p.14-8

FOTO: iea-usp



“... o grande desafio é importar cérebros para o nosso desenvolvimento científico e tecnológico...não do exterior, ...os desperdiçados nas comunidades, nos morros, nas periferias, nos mangues e que precisam ser inseridos em um projeto de desenvolvimento nacional.”

Luiz Davidovich, Academia Brasileira de Ciências e Instituto de Física da UFRJ, Caderno 4, p.14-2

FOTO: UFMG



“Estudávamos (eu e meus irmãos) porque nossos pais entendiam que só através da educação poderíamos chegar a um nível de qualidade de vida melhor do que eles tiveram...”

J. Walkimar de M. Carneiro, Instituto de Química da UFF, Caderno 7, p.,28-2.



FOTO: RQI

José Walkimar Carneiro

Reunião da Rede de Centros de Química Verde

A reunião deste ano da G2C2 Network, que tem por objetivo conectar centros de química verde em todo mundo, visa discutir tópicos como:

- ▶ "Networking" e conferências;
- ▶ Educação e envolvimento comunitário;
- ▶ Engajamento com a indústria;
- ▶ Oportunidades: financiamento, pesquisa, bolsas e intercâmbio.

Inicialmente prevista para Toulouse, na França, este ano a Reunião será compartilhada também com duas cidades brasileiras.

A sua programação está prevista para:

- ▶ 31 de maio, Rio de Janeiro, RJ.
- ▶ 3 de junho, Piracicaba, SP.
- ▶ 4 de junho, Toulouse, França.

G2C2 : Global Green Chemistry Centres

Connecting established and fledgling Green Chemistry Centres

Emphasis on:
Networking,
Education,
Outreach,
Industrial collaboration,
Funding opportunities,
Policy advancement

2015: UMass, Boston, USA

2014: UCT, Cape Town, RSA

2016: Sichuan University Chengdu, China

2013: University of Delhi

2017: Melbourne, Australia

Over 32 Centres worldwide

Oportunidades e Desafios na Cadeia Produtiva do Biodiesel

Maria Luíza A. de Lemos, Priscilla F. F. Amaral, Maria José O. C. Guimarães,
Luis E. Duque Dutra e Peter R. Seidl

Escola de Química da UFRJ

Os avanços recentes na direção de uma economia de baixo carbono estão alinhados com o resultado da Conferência da Partes (COP 23) realizada em Novembro de 2017, em Bonn, na Alemanha, com a presença de representantes governamentais e independentes dos Estados Unidos. Respondem a um clamor por mais "mais ambição" no combate ao aquecimento global. Para cumprir as metas do Acordo de Paris, o acordo internacional para reduzir as emissões e aquecimento do planeta mantendo o aumento da temperatura global abaixo de 2°C. O Acordo entrou em vigor em 4 de novembro de 2016.

Nas questões abordadas na COP 23 podem ser destacadas: - O Powering Past Coal Alliance, uma coalizão que visa acelerar a eliminação do carvão mineral de uma maneira "sustentável e economicamente inclusiva" que resultou da análise que demonstra que a medida é necessária até 2030 na OCDE e na UE28 e, no mais tardar até 2050, no resto do mundo, para que o Acordo de Paris seja cumprido; - A Internacional Energy Agency (IEA) lançou o "Clean Energy Transitions Programme" que é um novo plano plurianual de 30 milhões de euros apoiado por 13 países para facilitar transições para uma energia limpa em todo o mundo.

O desenvolvimento de tecnologia e a redução de custos de adoção de fontes renováveis de energia já levaram indústrias tradicionais, como a automotiva e de geração de eletricidade a repensarem suas estratégias de médio e longo prazo de modo a atender as metas do acordo de Paris. Entretanto, até que novos meios de transporte atinjam o grau de autonomia e desempenho exigidos pela sociedade de hoje, os biocombustíveis continuarão a desempenhar um papel central na busca da sustentabilidade. Segundo a IEA o consumo de

biocombustíveis foi de 81 mtoe (milhões de toneladas de óleo equivalente) em 2017, que representa um crescimento de quase cinco por cento entre 2010 e 2017. O objetivo traçado pela IEA para 2030 é de um consumo de biocombustíveis de 284 mtoe, o que significa um crescimento de dez por cento ao ano. Em 2017 o Brasil foi responsável por 23 por cento do consumo mundial de biocombustíveis, fato que mostra que o país está alinhado com o objetivo de baixar a emissão de CO₂, e que, além do etanol, o consumo de biodiesel representa boas perspectivas de crescimento. A sua produção em 2018 foi aproximadamente cinco vezes superior à produção de 2008 a taxa de crescimento anual sendo de 13,5 por cento nos últimos dez anos em função do aumento da proporção do biodiesel no diesel comercializado no país (cresceu gradativamente de dois para dez e deve chegar aos 15 em 2023).

Matérias-primas e processos para a produção de biodiesel

O Biodiesel é normalmente obtido a partir de óleos vegetais, gorduras animais e óleos produzidos por microrganismos (algas e leveduras). Segundo a ANP as principais matérias-primas utilizadas no Brasil em 2018 foram: Óleo de soja (67,75%), gordura bovina (12,30%) e mistura de matérias-primas tradicionais em tanque e reprocessamento de subprodutos gerados na produção de biodiesel (11,67%).

Estes resultados estão em linha com a condição do país de ser um dos maiores produtores mundiais de soja e de carne bovina. Investimentos na melhoria da tecnologia agropecuária permitem uma evolução significativa no máximo aproveitamento da matéria-prima inicial.

A transesterificação de óleos e gorduras é um processo dominado pela indústria para obtenção de biodiesel. Este processo gera dez por cento de glicerina bruta (glicerol). De forma geral, a glicerina resultante da transesterificação contém cerca de 75 a 80 por cento de glicerol e impurezas como água, sais, ésteres, álcool e óleo residual.

Novas oportunidades

Biodiesel a partir de leveduras

Uma fonte promissora de matérias-primas para produção de biodiesel é a utilização de óleos de origem intracelular provenientes da extração de lipídios acumulados por leveduras durante seu crescimento celular. Os óleos microbianos (*Single Cell Oils*) são óleos comestíveis produzidos por organismos unicelulares, como fungos, bactérias, leveduras e algas. Estes microrganismos têm a habilidade de acumular uma percentagem entre 20 a 70 de lipídios em sua biomassa. Para uma levedura oleaginosa produzir a máxima quantidade possível de lipídios, é necessário que o meio de cultivo seja formulado com um conteúdo de nitrogênio que esteja exaurido depois de um dia. Com isso, a proliferação celular é impedida, e toda a fonte de carbono assimilada é convertida em material de reserva dentro das células. Este material pode ser composto por triglicerídeos, polissacarídeos ou polihidroxicanoatos segundo Papanikolau e Angelis (2002).

Muitas leveduras têm sido selecionadas para produção de óleos intracelulares. Diferentes tecnologias, incluindo várias configurações de fermentação, já estão sendo utilizadas para a produção de lipídios por diferentes leveduras.

Embora muitos microrganismos possam ser cultivados usando diversas fontes de substratos, inclusive matérias-primas de baixo valor agregado como a glicerina bruta proveniente da produção de biodiesel, a extração e obtenção desse óleo é um grande desafio para viabilizar a rota técnica e economicamente

Contudo, vale a pena ressaltar que o óleo produzido por algumas leveduras apresenta composição de interesse maior para produção de biodiesel como é o

caso do perfil lipídico do óleo intracelular da levedura *Yarrowialipolytica* que contém 14,7 – 23,1% de ácido palmítico (16:0), 47,1 – 68,3% de ácido esteárico (18:0), 6,9-18,2% de ácido oléico (18:1), 2,2-8,9% de ácido linoléico (18:2) conforme apontado por Fickers e colaboradores (2004).

Derivados da Glicerina

Em 2010, o Departamento de Energia dos Estados Unidos identificou o glicerol (ou glicerina bruta) como uma plataforma promissora para obtenção de insumos químicos, porque atende diversos critérios tais como: a existência de tecnologias em desenvolvimento e adaptáveis para a produção de diferentes produtos; Os produtos obtidos podem substituir aqueles obtidos via petroquímica; As tecnologias permitem obter volumes em escala industrial e que podem ser comercializados; O glicerol é uma plataforma química para uma biorrefinaria; Os produtos de origem bio são aceitos e reconhecidos no mercado, já que tem as mesmas propriedades e produção e são responsáveis por uma menor emissão de gás carbônico.

O processo de transesterificação para obtenção de biodiesel é responsável pela produção global de mais de 65% da glicerina bruta no mundo. No Brasil foram produzidos 540 mil ton, em 2018, em conjunto com a produção de biodiesel. A projeção para 2024 sugere uma coprodução com o biodiesel próxima de 1,1 milhões de toneladas.

Esta estimativa baseia-se numa indústria com estrutura tecnológica, um governo que estimula o aumento da adição de biodiesel ao diesel comercializado no país (em 2024 o percentual volumétrico de biodiesel adicionado ao diesel será de 15 por cento), na disponibilidade de matéria-prima (principalmente gordura bovina e soja) e no compromisso de reduzir as emissões de gás carbônico.

Atualmente a glicerina bruta é imprópria para a maioria das aplicações nas indústrias farmacêutica e cosmética. A sua purificação permite a obtenção de uma glicerina purificada que apresenta um maior número de aplicações e um valor comercial da ordem de 2,3 vezes o valor da glicerina bruta.



Reator de bioprocessos do Laboratório de Engenharia Bioquímica da Escola de Química da UFRJ

Munire, e colaboradores (2019) afirmam que existem sete tecnologias para a purificação do glicerol, e a utilização de uma tecnologia deve ser a menos intensiva em energia para um determinado índice de purificação. Os resíduos aproveitados desta purificação geralmente são ácidos graxos e sais. Outro aspecto que contribui para a decisão de purificar ou não é: Para cada litro de biodiesel vendido, se a produção correspondente de glicerina for comercializada na forma bruta, a receita aumenta em seis por cento, se for vendida na forma purificada, a receita aumenta doze por cento.

Um aumento na sustentabilidade da cadeia produtiva do biodiesel está associado à conversão do glicerol ou glicerina purificada em produtos de elevado valor agregado. As suas novas aplicações contribuem para minimizar os impactos ambientais gerados pelo seu descarte e/ou acumulação. Neste contexto, o desenvolvimento de tecnologias de valorização do glicerol tem sido fundamental para a continuidade e ampliação da cadeia produtiva do biodiesel.

Este coproduto pode ser convertido em

combustíveis e intermediários químicos de valor industrial tanto por síntese química quanto por conversão biotecnológica. Os produtos que podem ser obtidos via rota química são: insumos, como: 1,2 propileno glicol, acroleína, carbonato de glicerol, dihidroxiacetona, epíclicloridrina, dioxolano, polióis, propanodiol, poligliceróis; aditivos para combustíveis, como: acetais, éter butílico terciário de glicerol, triacetato de glicerol e hidrogênio para fins energéticos. Por meio de processos biotecnológicos são obtidos os seguintes insumos: 1,3 propanodiol, ácido cítrico, ácido glicídico, ácido oxálico, ácido propiônico, ácido succínico, butanodiol, butanol e dihidroxiacetona.

Este são produtos já estão patenteados por empresas, e em alguns casos, já existe produção, enquanto em outros a produção está em fase de desenvolvimento. Muitos destes e outros produtos são apresentados e discutidos por Monteiro e colaboradores (2018) no trabalho de prospecção tecnológica sobre aproveitamento e novas aplicações para o glicerol oriundo da produção de biodiesel.

Considerações Finais

O biodiesel apresenta uma perspectiva promissora como combustível renovável. Existem tecnologias para produzir biodiesel e aproveitar a plataforma C₃ do glicerol/ glicerina. Se houver continuidade nas políticas econômicas e de incentivo para o desenvolvimento contínuo de tecnologias a nível mundial, regional e local, incrementos na utilização de biodiesel e do glicerol podem mitigar a emissão de CO₂ e atender, em parte, as demandas dos consumidores de combustíveis automotivos.

Bibliografia

ANITHA, M., et al, Chem Eng J, 2016, **295**, 119-130.

ANP – AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. *Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis*, Rio de Janeiro, 2017.

BOZELL, J.J., PETERSON, G.R., Green Chem, 2010, **12**, 539-554.

FICKERS, P. E. et al, J Appl Microbiol, 2004, **96**, 742–749.

GARGALO, C.L, et al, J Clean Prod, 2016, **139**, 1245-260.

KONG, P. S. et al, Renew Sustain Energy Revs, 2016, **63**, 533–555.

LUO, X., et al, Bioresour Technol, 2016, **215**, 144–154.

MARX, S., Proc Technol Fuel, 2016, **151**, 139–147.

MONTEIRO, M.R., et al, Renew Sustain Energy Revs, 2018, **18**, 109-122.

MUNIRE, O.S., et al, Journal of Energy Research and Reviews 2(1): 1-6, 2019; Article no.JENRR.43704

PAPANIKOLAOU, S., AGGELIS G., Bioresour Technol, 2002, **82**, 43-49.

PAPATERRA, G, DUTRA, L., Ativos enalçados e o petróleo do pré-sal, Valor Econômico, 17 Dez, 2018.

PEITER, G. C., et al, Ver Bras Energia Renov, 2016, **5**, 519-537,

SIVASANKARAN, C., et al, Biofuels, 2016, 1-6.

TAN, H.W., et al, Renew Sustain Energy Revs, 2013, **27**, 118-127.

YANG, F.X., et al, Biotechnol Biofuels, 2012, **5**, 5-13.

YAZDANI, S. S., GONZALEZ, R., Curr Opin Biotechnol, 2007, **18**, 213-219.

QUÍMICA VERDE em Cápsulas

A potencial contribuição das matérias primas renováveis às práticas sustentáveis não se limita apenas aos combustíveis fluidos. As baterias dos futuros carros elétricos (ou, mais provavelmente, suas combinações mais eficientes com biocombustíveis) requerem o armazenamento de energia. Um dos materiais mais promissores para este fim é o “carbono poroso”. Esta é uma forma de carbono que pode ser fabricado em nanoestruturas tridimensionais ordenadas com uma variedade de propriedades eletroquímicas úteis. Ainda é cedo para festejar, mas materiais de plantas, como árvores, algodão, bambu, sementes e cascas, entre outros, estão sendo pesquisados como fontes de compósitos através de processos simples de controle de temperatura e tamanho das partículas.

Químicos orgânicos sintéticos criam moléculas grandes, de formas bem definidas, combinando as unidades que compõem as estruturas desejadas. Surgiu recentemente uma variação desta técnica que aproveita as propriedades de polímeros que tendem a inchar em certos meios e um laser para implodi-los obtendo estruturas tridimensionais difíceis ou impossíveis de serem obtidas por outro meio. O mais interessante é que a técnica não requer métodos de fabricação sofisticada!

QUÍMICA VERDE

nas Empresas

Unidade de MEG de açúcares da Braskem e Haldor Topsoe em operação

Os recentes anúncios de EVA parcialmente renovável e de entrada em operação da unidade de demonstração de monoetilenoglicol-MEG a partir de açúcares na Dinamarca (ver notícia acima) confirmam que as principais ações da Braskem continuam na busca de rotas químicas que levam a produtos de maior sustentabilidade. Desde o polietileno renovável obtido a partir de bio-etanol que está no mercado há mais de oito anos, a Braskem esteve envolvida em diversas fases dos projetos de PE e de MEG renováveis, no desenvolvimento de um sistema catalítico mais eficiente para a desidratação de bio-etanol, em desenvolvimentos de otimização baseada em modelos, além de apoiar hoje as plataformas ligadas à economia circular como os projetos de reciclagem química recentemente anunciados pela empresa. Em todos estes processos, a Braskem utiliza métricas transparentes, baseadas em análise de ciclo de vida para obter melhorias de segurança, eficiência de uso de recursos e sustentabilidade na sua comunicação com a sociedade que estão muito alinhados aos princípios da Química Verde.

Aliança ABio vence edital para gerir Centro de Biotecnologia da Amazônia, o CBA

A Aliança para a Bioeconomia da Amazônia (ABio), formada por um conjunto de instituições voltadas à bioeconomia no Estado do Amazonas, foi habilitada em primeiro lugar no processo seletivo do Edital para gerir o Centro de Biotecnologia da Amazônia (CBA). O anúncio foi feito em entrevista coletiva na sede da Fundação Amazonas Sustentável (FAS) e atende uma antiga reivindicação da comunidade local.

O CBA foi criado há 15 anos pela Superintendência da Zona Franca de Manaus (Suframa) com o objetivo de fomentar a pesquisa, desenvolvimento e a inovação (PD&I) em biotecnologia, voltada para o uso sustentável da biodiversidade amazônica. Passará a ser gerida pela Aliança ABio, organização social formada por instituições de referência em PD&I na Amazônia: Fundação Amazonas Sustentável (FAS), Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Universidade do Estado do Amazonas (UEA) Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (Ifam), Instituto Leônidas e Maria Deane (Fiocruz Amazônia), Centro de Educação Tecnológica do Estado do Amazonas (Cetam), Fundação Paulo Feitoza (FPF), Universidade Nilton Lins (UniNiltonlins), Rede de Inovação e Empreendedorismo da Amazônia (Rami), Associação BioTec-Amazônia, Instituto de Conservação e Desenvolvimento Sustentável da Amazônia (Idesam) e Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia legal (Bionorte).

“A aliança tem um espírito colaborativo, que é uma marca da vitória da sociedade amazonense de quem luta pelo desenvolvimento sustentável, que é capaz não só de gerar emprego e renda, mas também estimular o uso sustentável de todo esse patrimônio que é a floresta amazônica, os ecossistemas aquáticos e diversas formas de biodiversidade”, destaca o superintendente-geral da FAS, Virgílio Viana.

A estratégia da ABio é contribuir para o aumento da participação de atividades produtivas sustentáveis baseadas na bioeconomia no PIB da Amazônia e fomentar a ciência, tecnologia, inovação e empreendedorismo. Os investimentos previstos pelo MDIC giram em torno de R\$ 11 milhões anuais, nos próximos cinco anos, contrato que pode ser prorrogado no futuro.

Ressonância magnética nuclear em baixo campo

Análise química de produtos in natura e industrializados sem preparação de amostras e sem uso de reagentes

Luiz Alberto Colnago

Pesquisador Embrapa Instrumentação- São Carlos, SP

Introdução

Nas últimas décadas, várias técnicas espectroscópicas como as espectroscopias na região do infravermelho próximo (NIR), infravermelho médio (MIR), Raman e ressonância magnética nuclear (RMN) começaram a ser usadas como alternativas aos métodos clássicos de análise química quantitativa, por via úmida. A grande vantagem inicial dessas técnicas espectroscópicas era a preservação da amostra após a análise, ou seja, a análise ocorria de maneira não destrutiva, o que permitia que se fizessem outras análises com mesma amostra. Depois vieram as vantagens da rapidez das análises - pouca ou nenhuma preparação de amostra - e, principalmente, uma grande redução no uso de produtos químicos, além da baixa geração de resíduos tóxicos que tem que ser tratados antes de retornar ao ambiente. Mais recentemente, esses métodos passaram também a ser usados de maneira não invasiva, ou seja, podem ser usados diretamente nas amostras deixando-as intactas após a análise, o que minimizou mais ainda o uso e descarte de amostras residuais e produtos químicos. Neste artigo, serão apresentados brevemente os princípios da RMN pulsada no domínio do tempo (RMN-DT), também conhecida como RMN de baixo campo e algumas de suas aplicações como método não invasivo para análise de alimentos *in natura* (frutas, nozes) e de produtos industrializados diretamente nas embalagens comerciais. As principais vantagens da RMN-DT em relação a tradicional RMN em alta resolução (RMN-AR) são o baixo custo do equipamento e de manutenção, o porte do equipamento (aparelhos de bancada), análises praticamente sem preparação de amostra, análises rápidas (em minutos), a possibilidade de analisar

amostras maiores que 10 mm e que podem ser usados em chão de fábrica, com poucos requerimentos de ambiente controlado. Em relação às espectroscopias no Infravermelho e Raman, a RMN-DT tem menos interferência de cor e formato e maior grau de penetração nas amostras, uma vez que, ao excitar e detectar sinal se faz com onda de rádio, na faixa de MegaHertz (MHz). Com isso, as análises podem ser feitas até em produtos embalados, desde que as embalagens não sejam metálicas. Portanto, a RMN-DT é um método de análise verde, uma vez que tem baixo ou nenhum impacto ambiental.

Fundamentos básicos de RMN-DT

A RMN-DT pulsada se baseia nos mesmos fundamentos da RMN-AR. A diferença básica é que na



FOTO: Joana Silva

Colnago realizando análises em frutas em aparelho de RM

RMN-DT a largura de linha do sinal é tão grande que todas as amostras apresentam apenas um único sinal. Assim, não há necessidade de fazer a transformada de Fourier do sinal de RMN, adquirido no domínio do tempo, para o domínio da frequência. Na RMN-DT, usa-se diretamente o sinal adquirido no domínio do tempo. Nesses instrumentos de bancada são utilizados ímãs permanentes de baixo campo magnético (menor do que 0,7 Teslas) e com baixa homogeneidade (maior que 100 ppm), o que faz com que a largura seja totalmente dependente da homogeneidade do campo, o que não permite que se veja diferença de deslocamento químicos e outros parâmetros espectrais observados na da RMN-AR.

As informações mais detalhadas de RMN ou mais especificamente de RMN podem ser obtidas em livros textos. Como descrito anteriormente, a RMN-DT tem a mesma fundamentação básica da RMN tradicional em alta resolução. Ou seja, a RMN-DT é observada em amostras com átomos cujo núcleo tenha spin nuclear (I) diferente de zero. No entanto, as aplicações práticas são principalmente de isótopos com alta abundância natural, alta receptividade e spin $I = \frac{1}{2}$ como os isótopos de ^1H , ^{19}F e ^{31}P . Dentre esses isótopos a RMN-DT de ^1H é a mais largamente usada devida a presença do hidrogênio em uma grande variedade de produtos.

Assim como na RMN-AR, na RMN-DT a amostra tem que ser colocada na presença de um campo magnético estático B_0 , que faz com que os momentos magnéticos nuclear (μ), associado ao spin, se polarizem, e que precessionam - fenômeno físico que consiste na mudança do eixo de rotação de um objeto - com a frequência de Larmor $\omega_0 = \gamma B_0$, onde γ é a constante magnetogirica de cada isótopo. Com a polarização, os spins geram uma magnetização resultante M_0 . Para se observar o sinal de RMN-DT aplica-se um pulso de radiofrequência (RF) de alta intensidade e com uma frequência de Larmor, que gera um campo oscilante B_1 , à 90° de B_0 . O pulso de radiofrequência desloca a magnetização M_0 por ângulo α , onde $\alpha = \gamma B_1 T_p$ e T_p é o tempo de duração do pulso. Com esse pulso, M_0 sai da direção de B_0 e vai para a direção do detector, que também está a 90° de

B_0 . Assim, com um pulso de 90° o sinal de RMN é máximo. Com o fim do pulso, a magnetização volta a precessionar em torno de B_0 e, durante este retorno, induz na bobina da sonda de RMN um sinal conhecido como decaimento livre da indução ou FID (do inglês Free induction decay).

Após o pulso de excitação, o sinal de RMN passa por dois processos de relaxação que ocorrem simultaneamente durante o retorno da magnetização. As relaxações são denominadas de relaxação longitudinal ou T_1 , que é devido ao retorno da magnetização a posição de equilíbrio, e a relaxação transversal ou T_2 , que é relacionada ao desaparecimento do sinal de RMN no detector. Essas relaxações têm comportamentos exponenciais, expressos pelas constantes de tempo T_1 e T_2 e têm mecanismos de relaxação diferentes e que precisam ser conhecidos, principalmente para o caso de análise quantitativas.

Em experimentos de RMN em um ímã homogêneo, o FID decai com a constante de tempo T_2 . No entanto, em um aparelho de RMN-DT, o ímã não homogêneo faz com que o decaimento do FID não dependa apenas de T_2 , mas, principalmente da não homogeneidade do campo e esse decaimento é denominado de T_2 efetivo ou T_2^* . Para tornar o sinal de RMN independente da baixa homogeneidade de campo usam-se técnicas que eco de spin que refocalizam o sinal de RMN com o uso de dois ou mais pulsos.

Aplicações da RMN em baixo campo

As análises qualitativas e quantitativas por RMN-DT foram inicialmente baseadas na intensidade do sinal denominado FID, que se observa após um pulso ou a intensidade do sinal de eco, quando se usa dois ou mais pulsos. Essas aplicações começaram a mais de 50 anos e estão sendo usadas principalmente no controle de qualidade (CQ) ou certificação de qualidade (CQ) de produtos e processos industriais. As primeiras aplicações da RMN-DT na agricultura e indústria alimentícia analisaram a determinação do teor de óleo e umidades em grão e sementes (ISO 10565, 8292, AOCS ak 4-95), além de conteúdo de gordura sólida (ISO 10632, IUPAC 2.150, AOCS Cd16b). Na indústria de petróleo e

melhoramento genético de amendoim alto oleico.

Na figura 1, está a foto de um espectrômetro de RMN-DT de bancada desenvolvido no Brasil e que está sendo usado nas determinações de sementes alto oleico e muitas das outras aplicações que serão apresentadas no final do texto.

Nos últimos anos, vários países vêm banindo o uso de gordura hidrogenada em alimentos. Isso se deve, principalmente pelo fato que, durante o processo de hidrogenação, também há a produção indesejada de ácidos graxos trans, que são considerados como os de maior potencial para causar problemas cardiovasculares, do que as próprias gorduras insaturadas. As gorduras hidrogenadas foram

largamente usadas na confecção de margarinas, em processos de fritura industrial e na produção de alimentos, com longo tempo de prateleira. Assim, vários processos alternativos a hidrogenação vêm sendo demandados pelas indústrias de óleos e gorduras. Uma dessas soluções é o desenvolvimento de sementes oleaginosas com alto teor de ácido oleico, ou seja, um óleo com composição em ácidos graxos, similar a do azeite de oliva, que normalmente tem mais de 70% de ácido oleico. Para isso, estão sendo desenvolvidas variedades de girassol, soja e amendoim com cerca de 80% de ácido oleico (denominadas de alto oleico), enquanto que nas variedades convencionais o teor de oleico é de cerca de 40%.

As vantagens do óleo com alto teor de ácido oleico sobre os óleos convencionais são a maior estabilidade oxidativa, maior resistência à degradação durante fritura e com isso um aumento do tempo de prateleira dos produtos alimentícios.

Essas novas cultivares, quando geradas sem uso de engenharia genética, têm sido largamente procuradas pelo mercado, principalmente, pelo europeu. Um dos trabalhos desenvolvidos pela Embrapa, Instituto Agrônomo de Campinas, entre outras instituições de pesquisa brasileira, é o desenvolvimento de variedades não transgênicas de amendoim alto oleico.



Figura 1. Foto de um espectrômetro de RMN-DT desenvolvido no Brasil e que está sendo usado nas determinações de sementes alto oleico, teor de óleo na indústria de azeite de palma (dendê), teor de gordura sólida em manteiga, margarinas, chocolates entre outras medições

derivados, a RMN-DT foi inicialmente usada para determinar o teor de hidrogênio em hidrocarbonetos, destilados de petróleo e combustíveis (ASTM D7171-16). Na indústria de dentifrício, a RMN-DT é usada principalmente na quantificação rápida e não destrutiva de fluoretos em pastas de dentes, usando a RMN de flúor.

Além disso, nas últimas duas décadas, as análises por RMN-DT baseadas em medições relaxométricas, medições dos tempos de relaxação longitudinal (T_1) ou transversal (T_2) ou de difusimetria, também passaram a ser largamente utilizadas.

Essas novas análises usam principalmente as medições de T_2 para análises quantitativas e qualitativas. As medições de T_2 são realizadas com a sequência de pulsos desenvolvida por Carr e Purcell e aperfeiçoada por Meiboom e Gill, que é conhecida como CPMG.

A grande vantagem dessa sequência é que as medições são rápidas (alguns segundos), pouco sensíveis a erros de calibração dos pulsos entre outros fatores. Como o decaimento T_2 depende inversamente da mobilidade molecular essas análises ampliaram largamente os usos da RMN-DT.

Um exemplo para demonstrar como as determinações por RMN-DT são rápidas e verdes é a determinação do teor de ácido oleico em sementes de amendoim, que estão sendo usadas em programas de

Durante o desenvolvimento de uma nova variedade alto oleico, os pesquisadores procuram, além do alto teor de ácido oleico, plantas altamente produtivas, resistentes a pragas e doenças, secas, entre outros parâmetros agrônômicos. Assim, são necessários muitos experimentos de campo para se obter uma nova cultivar.

Conseqüentemente, nesse processo de melhoramento genético são necessárias milhares de análises de amostras desementes para identificar quais delas podem ser caracterizadas como alto oleico.

O método padrão para a identificação de sementes ricas em ácido oleico é a cromatografia gasosa. Esse método envolve a extração do óleo das sementes, reação de transesterificação do óleo com metanol e análise cromatográfica dos ésteres metílicos.

Esse método tem como vantagem a caracterização completa do perfil de ácidos graxos do óleo. No entanto, envolve uma preparação de amostras com muitas etapas (secagem das sementes, moagem, extração com solventes, reação de transesterificação e análise cromatográfica), demoradas (todas as etapas podem levar vários dias) e com uso intensivo de solventes orgânicos e reagentes químicos (hexano, metanol, NaOH ou KOH), que são resíduos tóxicos e que exigem tratamento antes de descartado no ambiente ou recuperados.

Já o método para a identificação de sementes com alto teor de ácido oleico por RMN-DT é muito simples, rápido e não destrutivo.

Para essa análise, é preciso um aparelho de RMN de bancada (figura 1), com frequência de ressonância de cerca de 150 MHz e com uma sonda para amostras de cerca de 450 ml. Com a sequência de medição de T_2 (CPMG), faz-se uma curva de calibração com óleos vegetais com diferentes teores de ácido oleico e seus respectivos valores de T_2 . O T_2 tem uma correlação inversa com o teor de ácido oleico no óleo, ou seja, amostras com alto teor de ácido oleico tem T_2 mais curto do que as amostras com baixo teor de oleico.

Após essa calibração, é possível determinar o



FOTO: Embrapa

Laboratório de cromatografia da Embrapa

teor de ácido oleico diretamente nas sementes, sem necessidade de secagem, moagem, extração com solventes ou reações químicas.

Todo o processo de análise por RMN está na ordem de minutos, incluindo a colocação da amostra no porta amostra e inserção na sonda de RMN, o que permite realizar centenas de análise por dia. Além disso, por ser um método não invasivo, permite que a própria semente analisada seja usada nos próximos passos do processo de melhoramento genético.

Com a determinação de sementes com alto teor de ácido oleico, por RMN em baixo campo, o processo de desenvolvimento de novas variedades de amendoim alto oleico vem sendo acelerado, permitindo uma maior opção de plantas para as diferentes regiões do Brasil.

Além disso, a análise rápida permite a aferição do teor de oleico de cargas comercializadas, tanto na origem quanto no país de destino. Esse mesmo tipo de procedimento rápido, sem uso de solventes e reagentes químicos e não invasivo vem sendo usado em muitas outras análises.

Na indústria de alimentos e agricultura o sinal CPMG, combinado com métodos de análise multivariada (ou quimiometria), vem sendo usado para determinar qualidade de óleos e gorduras, teor de gordura em alimentos embalados como maioneses, molhos de salada, mostarda, quantidade de açúcar (Brix) em frutas frescas intactas como laranjas, mangas, uva, ameixa, kiwi e em alimentos processados como geleias e doces. Na área de carnes, além do teor de gordura e umidade, a CPMG vem sendo usada para prever parâmetros sensoriais de carnes de porco e bovina, como maciez, suculência, sabor, perda de água por cocção entre outros atributos de qualidade. Na figura 2, está o ímã de um aparelho de RMN-DT de 8 MHz para amostras com diâmetro de até 10 cm, como frutas, alimentos embalados como vinho, azeite de oliva, maioneses, embutidos, entre outros alimentos.

Na indústria petroleira, as análises por CPMG estão sendo usadas na avaliação *in situ* de poços de petróleo. Com a técnica CPMG é possível estimar *in situ* o tamanho médio dos poros da rocha, a viscosidade do petróleo, entre outros fatores que permitem prever os parâmetros de produção do poço. Em laboratório, a técnica CPMG vem sendo usada para prever viscosidade do petróleo e derivados, ponto de fulgor, presença de contaminantes ou adulterações em combustíveis, teor de biodiesel no diesel e sua origem, além de muitas outras aplicações.

Na indústria de polímeros sintéticos e naturais, a

RMN-DT vem sendo usada para estimar mobilidade das cadeias laterais e cadeia principal, porosidade, número de ligações cruzadas, determinação do óleo residual em fiação como poliéster, cristalinidade, difusividade térmica entre outros parâmetros.

Além dessas aplicações, a RMN-DT, usando as medições de relaxação, também vem sendo usada para análise de concentração de íons paramagnéticos em solução como, por exemplo, o teor Cu^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{3+} , Ni^{2+} , Co^{2+} , Cr^{3+} , entre outros íons que são usados em vários processos industriais de galvanização, curtumes etc. A grande vantagem dessas medições por RMN-DT é que a análise pode ser realizada rapidamente (segundos), não há preparação da amostra e não há geração de resíduos uma vez que o produto analisado pode ser incorporado no processo industrial. Além de medição da concentração desses metais em solução, a RMN-DT também pode ser usada para monitorar reações de eletrodeposição desses íons *in situ*, ou seja, durante a reação de galvanoplastia.

Atualmente no Brasil há uma empresa produzindo e comercializando espectrômetros de RMN-DT, a Fine Instruments Technology (FIT), localizada em São Carlos, SP.

Os equipamentos da FIT estão sendo adquiridos - no Brasil e exterior - por indústrias de vários segmentos para análise do teor de óleo de palma, margarina, suco de laranja, fibras sintéticas, além de universidades e centros de pesquisas.



Figura 2. Visão lateral (esquerda) e frontal (direita) do ímã de um aparelho de RMN-DT de 8 MHz, para amostras com diâmetro de até 10 cm usado para análise não invasiva de frutas, alimentos embalados como vinho, azeite de oliva, maioneses, embutidos entre outros alimentos

EQ HANDS-ON – uma nova abordagem didática em engenharia de processos

Andrea Valdman

DSc, Profa Adjunta, Escola de Química-UFRJ

Os atuais níveis de globalização e de consciência sustentável exigem que a academia atualize constantemente suas metodologias de ensino e a sua infra-estrutura, gerando um ambiente de alta flexibilidade operacional que permita adaptações rápidas e eficientes. Uma pesquisa realizada pela câmara americana de comércio em 2010 (Folha de SP, 2010) mostra que 76% das ações desenvolvidas pelas empresas contratantes de engenheiros no país estão relacionadas a programas internos de treinamento.

Ao longo da história, universidades estão sempre estudando como reduzir as possíveis lacunas entre os objetivos acadêmicos e as demandas do ambiente industrial (Gregory *et al*, 2016). Neste sentido, um dos principais desafios da universidade é o repasse de *know-how* industrial prático, através de uma abordagem acadêmica, sistemática e didática.

Uma das técnicas mais aplicadas a este ramo é o ensino de engenharia baseado na resolução de problemas (Hung, 2011) - Problem-Based Learning (PBL), onde a solução proposta deve ser analisada a partir de conceitos transversais e multidisciplinares. No caso da engenharia de processos, termodinâmica, mecânica dos fluidos, química e físico-química, estatística avançada e diagnóstico de falha, são apenas algumas das áreas de conhecimento essenciais a formação de um bom profissional. No entanto, esta técnica foi desenvolvida a partir de conceitos teóricos e sua aplicação experimental ainda é pouco explorada. Por outro lado, as metodologias atualmente aplicadas em cursos superiores de engenharia não incentivam o desenvolvimento da criatividade (Fadeeva e Kirillov, 2015) aplicada a resolução de problemas, habilidade esta inerente a um futuro profissional no mercado de trabalho.

Abordagens didáticas modernas, tais como *Living Labs* (Leminen *et al*, 2015) e CDIO (*Conceive-Design-Implement-Operate*) (Crawley *et al*, 2007), vem sendo apresentadas como uma nova metodologia centrada no

aprendiz e na criatividade (Iborra *et al*, 2014, Markopoulos e Rauterberg, 2000, Ståhlbröst e Bergvall-Kåreborn, 2011).

A popularização de tecnologias modernas e de baixo custo para a aquisição de dados em tempo real, permite ainda a implementação de ferramentas de monitoramento de processos, análogas àquelas encontradas em ambientes industriais. A utilização destas ferramentas para apresentar fenômenos químicos e bioquímicos, muitas vezes utilizando água como fluido de processo, consolida os conceitos teóricos adquiridos na sala de aula tradicional. Esta abordagem aumenta a retenção de conhecimento por parte do aluno, que tira as suas conclusões a partir da observação, e reforça o papel do professor como facilitador do aprendizado.

Em tempos modernos, o acesso à informação é quase infinito, mas não necessariamente gera uma bagagem de conhecimento adquirido. Segundo o discurso de um jovem aprendiz, “para que carregar uma mala cheia de conhecimento, bem pesada, se eu posso ter acesso ao que eu precisar entender no instante em que eu precisar resolver um problema?”. Um dos principais desafios da educação moderna é incluir o estudante como participante ativo do processo de transformação.

A Escola de Química (EQ) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) sempre teve uma participação ativa e vanguardista na formação de mão de obra especializada para a área de engenharia de processos. Pensando nisso, um grupo de professores, alunos e funcionários vem desenvolvendo uma iniciativa chamada de EQ HANDS-ON.



A organização EQ Hands-On

A EQ Hands-On é uma organização voluntária e pioneira que foi criada na EQ/UFRJ, com o intuito de revolucionar o ensino de engenharia de processos no cenário nacional. Um dos seus objetivos é agregar as diversas esferas sociais envolvidas na EQ (alunos, professores, funcionários, ex-alunos) em torno de um bem comum: incentivar as discussões sobre novas técnicas de ensino de engenharia. Esta iniciativa contribui de forma pessoal e significativa para a formação de um profissional atualizado com o mercado de trabalho industrial e empresarial. Um profissional que precisa aprender a lidar com as frustrações do dia a dia, sem medo de arriscar. Um profissional empenhado em gerar soluções inovadoras e de baixo custo, a partir de um ambiente colaborativo e multidisciplinar.

Criada em 2015 com a missão primordial de agregar melhorias pedagógicas aos recursos de ensino disponíveis na EQ, a participação neste programa é totalmente voluntária e é baseada em conceitos de *vivência experimental*. A solução de um problema complexo é obtida a partir da imersão do aprendiz em um contexto multidisciplinar envolvendo situações de vida real, permitindo a detecção, a prototipagem e a validação (ou não) da mesma.

Dentro desse contexto de *universidade participativa*, foi criada uma força-tarefa para revitalizar equipamentos semi-industriais disponíveis e atualmente fora de operação, tais como moinhos, trocadores de calor e torre de refrigeração, além de criar plantas didáticas de

menor porte que podem ser utilizadas para demonstrações experimentais em sala de aula. No primeiro caso, o aluno vai até a planta e, no segundo, a planta vai até o aluno. As plantas didáticas desenvolvidas são utilizadas como ferramentas complementares às atividades teóricas dos cursos oferecidos pela EQ, atingindo atualmente um contingente de aproximadamente 1200 alunos de graduação e 500 alunos de pós-graduação.

A Estrutura e os Projetos

O organograma da EQ Hands-On reproduz a estrutura de uma empresa de engenharia, com equipes responsáveis pela gestão interna da organização (Relacionamentos, Gestão Pag. 3 de Pessoas, Marketing) e pelos projetos técnico-científicos. O conselho administrativo é formado inclusive por ex-alunos, que participaram em edições passadas da EQHands-On. Todas as equipes são de extrema importância para o bom funcionamento da organização e proporcionam ao aluno contato com a dinâmica de tomada de decisão. Equipes participantes de cada grande área, apresentado na Figura 1, são responsáveis por uma instância específicas, garantindo a fluidez e o desenvolvimento da organização. Os projetos compõem a parte de desenvolvimento e construção de plantas didáticas, previamente definidas pelo grupo de viabilidade de projetos para o ano corrente. Basicamente, o tema dos projetos é dividido em plantas de apoio didático e plantas que tornem a universidade sustentável.

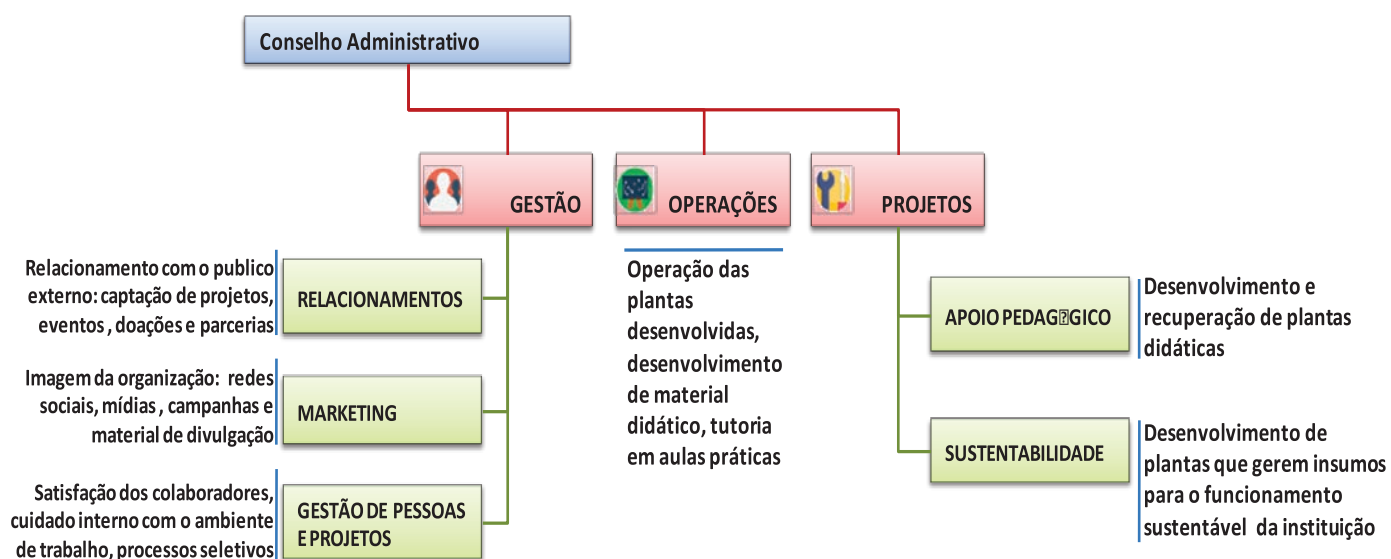


Figura 1 - Estrutura organizacional da EQ HANDS-ON

Neste último caso, por exemplo, foi desenvolvida uma planta para tratamento de efluentes residuais das práticas de laboratório.

Todos os projetos são realizados por equipes compostas por alunos e pelo menos um professor orientador, além de professores consultores e funcionários da instituição, conforme as demandas técnico-científicas do projeto. Uma das diretrizes na composição de uma equipe envolve ainda a integração de alunos em diversas etapas de formação universitária (do 2º ao 10º período da graduação, Mestrado e Doutorado) e oriundos dos diversos cursos oferecidos pela Escola de Química (engenharia química, engenharia de bioprocessos, engenharia de alimentos e química Industrial). Ao final de cada ano, aproximadamente 30 vagas são abertas para alunos e cerca de 5 projetos são propostos. O projeto busca ainda a captação de doadores para obtenção de material ou recursos financeiros, garantindo a viabilidade dos projetos futuros, e a formação de parcerias com empresas.

As empresas associam a sua marca à EQ/UFRJ, incentivando uma nova metodologia de ensino e contribuindo no conceito de reutilização de ativos.

Como isso vem acontecendo

Em setembro de 2015, uma semente foi plantada. A equipe era formada apenas por 7 alunos e 2 professores da EQ. No intuito de atrair mais participantes ao projeto e consolidar um fórum multidisciplinar de discussão, foi lançada uma página no Facebook. Logo nos primeiros 5 meses, o projeto atingiu cerca de 330 seguidores e mais de 2000 visualizações.

Em 2016, 50 alunos se inscreveram em projetos de Recuperação de trocadores de calor em série; Recuperação de uma torre de resfriamento; Planta miniaturizada de baixo custo de um trocador de calor multi-tubos; Planta de perda de carga; Projetos de automação de baixo-custo. O projeto de trocador de calor miniaturizado foi selecionado como um dos projetos finalistas, representantes do Centro de Tecnologia, na jornada anual de iniciação científica da UFRJ.

No último processo seletivo, foram 120 alunos inscritos e ao longo desses 3 anos, a semente vem sendo gradativamente regada com temáticas atuais, tais como: mão na massa, movimento maker, criatividade, universidade participativa, sala de aula invertida, faça você mesmo, universidade sustentável, ousadia e soluções de baixo custo. Estes resultados comprovam o crescente interesse e a importância na abordagem de metodologias de ensino de tecnologia com caráter experimental e multidisciplinar.

Atualmente, são cerca de 1200 *seguidores* nas redes sociais, com mais de 20000 visualizações acumuladas, além de canais de comunicação no Instagram e YouTube e um website para divulgação dos projetos e atividades. Projetos como Perda de carga, Trocadores de calor e Ciclone vem sendo utilizados por diversos professores como uma atividade complementar às disciplinas teóricas. Além disso, projetos como o Tratamento de Efluentes, vêm contribuindo ainda para uma universidade mais sustentável. Desde sua fundação, os resultados do projeto vêm sendo analisados a partir de alguns indicadores de gestão:

- 100 alunos, 20 professores e técnicos envolvidos em 15 projetos;
- 15 trabalhos apresentados em Jornadas de IC, com 4 menções honrosas.
- 200 alunos impactados em mini-cursos, work-shops e visitas.
- 96% dos alunos que participaram de alguma atividade da EQHandsOn consideram os eventos educacionais como bons ou excelentes.

A EQHands-On vem participando ativamente de eventos de divulgação na área de ciência e tecnologia, voltados para o público universitário e alunos de ensino médio das redes pública e privada, com o intuito de compartilhar as experiências vividas com a comunidade acadêmica da UFRJ e com a sociedade civil.

Esta iniciativa amplia a divulgação de carreiras profissionais envolvendo ciência e tecnologia e apresenta a atual diversidade dos futuros profissionais de engenharia, em resposta às demandas emergentes do mercado de trabalho.



EQ HANDS-ON recupera equipamento do Laboratório de Engenharia Química da EQ/UFRJ

A Escola de Química está na vanguarda do ensino universitário público brasileiro e internacional. A EQ Hands-On é uma das contribuições da UFRJ na formação de mão de obra especializada, no desenvolvimento de modernas metodologias de ensino e na formação de profissionais e pesquisadores mais amadurecidos para os desafios do futuro.

Referências Bibliográficas

GREGORY P., BARROCA L., SHARP H., DESHPANDE A., TAYLOR K., The Challenges That Challenge: Engaging With Agile Practitioners Concerns, *Information and Software Technology*, 2016;

FOLHA DE SP. País perde US\$ 15 bi com má formação de engenheiro. Folha de S. Paulo, 2010. Disponível em: <http://www1.folha.uol.com.br/mercado/754351-pais-perde-us-15-bi-com-ma-formacao-de-engenheiro.shtml>, acessado em 02/05/2016.

HUNG, W. Theory to reality: a few issues in implementing problem-based learning, *Educational Technology Research and Development*, v. 59, Issue 4, pp 529-552,

2011.

FADEEVA V.N., KIRILLOV N.P. The Issues of Development of a Creative Professional, *Procedia - Social and Behavioral Sciences* v.166, pp 333–338, 2015.

IBORRA M, RAMÍREZ E, TEJERO J, BRINGUÉ R, FITÉ C, CUNILL F. Revamping of teaching–learning methodologies in laboratory subjects of the Chemical Engineering undergraduate degree of the University of Barcelona for their adjustment to the Bologna process, education for chemical engineers, v9, pp e43–e49, 2014.

LEMINEEN S, NYSTRÖM AG, WESTERLUND M. A typology of creative consumers in living labs, *Journal of Engineering and Technology Management* v. 37, pp 6 – 20, 2015.

STÅHLBRÖST A, BERGVALL-KÅREBORN B., Exploring Users Motivation in Innovation Communities, *International Journal of Entrepreneurship and Innovation Management*, v 14(4), pp. 298-314, 2011.

MARKOPOULOS P, RAUTERBERG G.W.M., LivingLab: A White Paper, 35, IPO Annual Progress Report 35, p. 53-65, 2000.

QUÍMICA VERDE

Eventos

Yale-UNIDO Train-the-Facilitator Workshop in Green Chemistry

Tatiana F. Ferreira

Escola de Química da UFRJ

O Instituto SENAI de Inovação em Química Verde (ISI - QV) promoveu, de 18 e 22 de fevereiro, no Rio de Janeiro, um workshop destinado ao treinamento de professores de Química Verde. As aulas foram ministradas por Karolina Mellor, da Universidade de Yale e por John Warner, da Warner-Babcock Institute for Green Chemistry, um dos formuladores, junto com Paul Anastas, dos 12 princípios da Química Verde.

O workshop, que faz parte da terceira etapa de um projeto conduzido pelo ISI-QV, a Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial (UNIDO) e o Centro de Química Verde e Engenharia Verde da Universidade de Yale, foi realizado na Casa Firjan, um espaço de arquitetura sustentável. Contou com 30 participantes em regime de imersão provenientes de diferentes entidades como universidade federais e estaduais de diferentes estados brasileiros, representantes de diferentes setores da indústria química

e de instituições governamentais.

As aulas iniciaram com o conceito de sustentabilidade e a importância da sua aplicação ao mundo moderno. Exemplos reais das consequências de uma química não sustentável reforçaram a sua mensagem. O uso da Química Verde como ferramenta para um desenvolvimento sustentável foi abordado definindo os 12 princípios da Química Verde e discutindo temas como: matérias-primas renováveis, catálise, solventes alternativos, resíduos industriais, toxicologia e ADME (absorção, distribuição, metabolismo e excreção). O workshop compreendeu também atividades dinâmicas como exercícios em grupos desenvolvidos pelos participantes e apresentação de ferramentas computacionais para prever biodegradabilidade e toxicidade de moléculas.

Segundo John Warner, um dos caminhos para o sucesso é o design de novas moléculas menos perigosas,



Laboratório de Criação, localizado no segundo andar da Casa Firjan, onde ocorreu o workshop sobre Química Verde

QUÍMICA VERDE

Eventos

sem esquecer da performance da substância e economicidade da rota de síntese. Ele também abordou com propriedade o tema catálise, esclarecendo o mecanismo de atuação de um catalisador e a potencial contribuição da catálise para a Química Verde.

A Casa Firjan abriu suas portas na noite de 21 de fevereiro para cerca de 200 pessoas assistirem a palestra “Química Verde: Criando um Futuro Sustentável”, onde John Warner mostrou que a Química Verde é mais que uma abordagem revolucionária à maneira como os produtos são fabricados. Após a palestra foi anunciado a criação do Comitê Científico Consultivo ISI-QV, composto por 17 pessoas entre membros da academia, setor produtivo e entidades governamentais.

A semana foi encerrada com uma mesa redonda composta por: Peter Seidl (UFRJ), Vânia Zuin (UFSCar), Roberto Werneck (Braskem), Fernando Figueiredo (ABIQUIM) e Antônio Fidalgo (ISI-QV) e mediada por Carolina Maria Andrade, do ISI Biomassa, para se discutir as oportunidades e desafios da Química Verde no Brasil.

De parte da indústria, Fernando Figueiredo apontou a fraca interação entre a indústria e a universidade no Brasil como o ponto crítico afirmando que as indústrias químicas brasileiras não investem em pesquisa e desenvolvimento de tecnologia. Para Roberto Werneck o agente limitante é a comunicação entre o setor produtivo e as universidades, muitas vezes dificultada pela falta de um mecanismo eficiente para aplicar dinheiro privado nas universidades públicas. Outra barreira é a negociação da propriedade intelectual vinculada à inovação desenvolvida em parceria com as universidades.

Antônio Fidalgo acredita que o mais importante nesse momento é disseminar o conceito de Química Verde e fazer com que o setor produtivo tenha consciência do seu papel. Ele citou as *start ups* como elementos importantes deste cenário, definindo-as como “formiguinhas especializadas”.

De acordo com Peter Seidl, esse conceito precisa ser disseminado na academia também, pois parte significativa dos professores e pesquisadores das universidades abordam a Química Verde como uma nova área, diferente das demais. Trata-se, entretanto, de uma nova abordagem que deve ser aplicada à todas as áreas da Química.

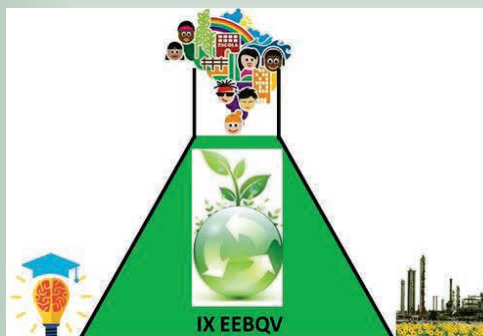
O professor José Carlos Netto Ferreira (UFRRJ), um dos participantes que acompanhou todo o workshop, elogiou a iniciativa. Segundo ele, embora a universidade tenha autonomia, ela permanece estática há muitas décadas apesar de seu papel fundamental de transmitir aos futuros profissionais a importância da sustentabilidade. Por isso acredita que o evento incentivou diferentes setores a trabalhar na conscientização de que a ciência é o caminho e a Química Verde é uma das ferramentas essenciais para alcançar um mundo sustentável.



Comitê Científico Consultivo ISI-QV anunciado na Casa Firjan no dia 21 de fevereiro de 2019

QUÍMICA VERDE

Eventos



IX ENCONTRO DA ESCOLA BRASILEIRA DE QUÍMICA VERDE

Buscando o Crescimento Sustentável

Uberlândia, 28-30 de agosto 2019

O Brasil tem um reconhecido potencial para a geração de tecnologias e riquezas a partir da biomassa como matéria-prima, devido às suas fortes indústrias agrícolas, pecuárias e florestais. A geração de produtos, subprodutos e resíduos destas indústrias é bastante expressiva.

Isto impulsiona o interesse da academia - Escolas, Institutos e Universidades; de agentes governamentais e de fomento, além de indústrias dos setores de bioenergia, fertilizantes, fármacos, cosméticos, materiais, químicos e de especialidades a buscarem alternativas para agregar valor às supracitadas e outras biomassas através da **Química Verde**.

O sucesso desta busca será alcançado de forma efetiva, abundante e sustentável se conseguirmos aprofundar no sinergismo entre os esforços dos diversos setores da sociedade supracitados.

Neste sentido, o IX Encontro da Escola de Química Verde (IX EEBQV) abordará o tema "Buscando o crescimento sustentável" entre os dias 28 e 30 de agosto de 2019, no campus Santa Mônica da Universidade Federal de Uberlândia, na cidade de Uberlândia, MG.

O Encontro contará com sessões plenárias, mesas redondas e apresentação de pôsteres dos trabalhos técnicos submetidos. Dentre estes será selecionado o melhor trabalho que ganhará o Prêmio Arikerne Sucupira, no valor de R\$ 3.000,00.

Na expectativa de que o IX EEBQV mantenha a qualidade apresentada nas edições anteriores, contaremos com a presença de reconhecidos palestrantes brasileiros e do exterior que, junto com destacada platéia, discutirão o estado-da-arte, os desafios e as possíveis soluções dos temas em questão.

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.

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, Estevão

Diagramação e arte:
Adriana dos Santos Lopes.

Os textos assinados são de responsabilidade de seus autores.

PIONEIROS DA QUÍMICA

Ernesto Lopes da Fonseca Costa

Ernesto nasceu em Petrópolis, a 22 de junho de 1891. Era filho do engenheiro Cateano Pinto da Fonseca Costa (1854-1909) e de Ernestina Lopes da Fonseca Costa (1863-1930), irmã de Ildefonso Simões Lopes (1866-1943), político atuante e Ministro da Agricultura no início da década de 1920. Descendia de uma das famílias mais tradicionais do Império, pois era neto do Marechal João da Fonseca Costa (1823-1902), Visconde da Penha e bisneto do amigo íntimo de Duque de Caxias, Manoel Antônio da Fonseca Costa (1803-1890), Marquês da Gávea. Ernesto era irmão do Contra-Almirante Ayres Pinto da Fonseca Costa (1890-1978). Outro irmão, Caetano Ernesto Lopes da Fonseca Costa (1888-1951), foi chefe de gabinete do tio e Ministro Ildefonso Simões Lopes. Ernesto foi ainda irmão de Ildefonso Lopes da Fonseca Costa (1886-1888) e Maria da Penha da Fonseca Costa (1893-1913).

Tendo origem de uma linhagem militar e de engenharia, Ernesto seguiu os mesmos passos da família. Depois de estudar no Colégio Abílio, formou-se engenheiro geógrafo em 1911 e engenheiro civil em 1913, pela Escola Politécnica, atual Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Em 1928 tornou-se professor catedrático de Metalurgia da mesma Escola. Foi também professor da Pontifícia Universidade Católica e do Instituto Militar de Engenharia – então Escola Técnica do Exército. Seu grande amigo Sylvio Fróes Abreu (1902-1972) o descreveu, nos primeiros anos de formado, como "um rapaz como tantos outros, formado na mais afamada escola de engenharia do país, à cata de um emprego, cheio de teorias e animado por ideais elevados, mas vazio completamente de experiência". Vindo de Minas, o engenheiro Francisco Sá Lessa recorda



que Fonseca Costa participava de "um pequeno grupo de moços, acolhedores e generosos que, como eu, iniciavam os estudos de engenharia na velha e gloriosa Politécnica"; era "um grupo de elite, que devia seguir unido até o fim do curso de engenharia civil e continuar triunfante pela vida afora, sempre solidário e amigo, tanto nos momentos felizes como nas horas de provação".

Recém-saído da Politécnica, Fonseca Costa trabalhou inicialmente para as prefeituras de Belo Horizonte (1912-1913) e do Rio de Janeiro (1914-1915). Atuou ainda na Usina Química Rio d'Ouro, montada durante a I Guerra Mundial, em um esforço de substituição de produtos importados no País, então pressionado pelo bloqueio alemão. A Usina foi um fracasso do ponto de vista econômico. Para Fonseca Costa, no entanto, a convivência com Karl Ernest Julius Lohmann (1873-1945), químico holandês formador da primeira geração de químicos diplomados no Brasil, deu-lhe o gosto pela química, que conservou por toda a vida, e o contato com os problemas da produção industrial imprimiu-lhe uma maneira real de encarar as questões tecnológicas que lhe granjeou um justo prestígio como conselheiro e consultor técnico do Governo nas mais variadas questões no campo da produção nacional.

Todavia, fundamental mesmo foi sua aproximação com o engenheiro de minas Luís Felipe Gonzaga de Campos (1856-1925), Diretor do Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil, feita por intermédio de seu tio Ildefonso. No Serviço Geológico, fundado no Rio de Janeiro em 1907 pelo geólogo norte-americano Orville Derby (1851-1915), que já fizera parte da antiga Comissão Geológica do Império (criada em 1875),

Fonseca Costa tornou-se discípulo de Gonzaga, pondo em prática os projetos do mestre de beneficiamento de carvão, de fabricação de coque, da aplicação da eletrossiderurgia, do desenvolvimento da indústria química pesada e, de um modo geral, da utilização eficiente dos recursos minerais. De Gonzaga de Campos, Fonseca Costa teria assimilado "não só uma grande soma de conhecimentos sobre geologia, mineralogia, metalurgia e geografia, mas também aquele sentido grandioso de interpretar os problemas brasileiros, encarando os fatos com um aprimorado espírito de renúncia pessoal" e "um profundo desejo de servir ao país." Na verdade, Ernesto fazia parte de um grupo de profissionais daquele tempo preocupados com a modernização científica e tecnológica do país.

O embrião do atual Instituto Nacional de Tecnologia proveio do Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil. O processo de industrialização, acelerado durante a I Guerra Mundial (1914-1918), necessitava de pesquisa tecnológica adequada para resolver os problemas técnicos e logísticos que se agravaram com o fim da guerra, quando uma Europa arrasada não podia suprir as necessidades industriais do resto do mundo. No início da década de 1920, com trinta milhões de habitantes, o Brasil importava trinta mil toneladas de produtos siderúrgicos por ano, e onze mil barris de petróleo por dia, necessários para manter o País em atividade. Foi nesse contexto que, a 29 de dezembro de 1921, pelo Decreto nº 15.209, era criada a Estação Experimental de Combustíveis e Minérios – EECM, ligada ao Ministério da Agricultura, Indústria e Comércio. A EECM tinha a função de investigar e divulgar os processos industriais de aproveitamento de combustíveis e minérios do País. Seu fundador foi exatamente Ernesto Lopes da Fonseca Costa. Com a instalação da EECM em 1921, tem início no Brasil a pesquisa sistemática nestes campos. É quando cresce a figura de Ernesto que, nomeado primeiro Diretor, dedicou-se ativamente aos problemas tecnológicos relacionados especificamente aos combustíveis e ao

aproveitamento dos recursos minerais do país. A evolução dos trabalhos desenvolvidos na EECM e o interesse dos governos de Epitácio Pessoa, Arthur Bernardes, Washington Luís e Getúlio Vargas fizeram com que, superadas algumas dificuldades por ocasião da Revolução de 1930, ela saísse de suas acanhadas instalações na Praia Vermelha, próxima ao Pão de Açúcar, para um complexo construído na Av. Venezuela, próximo ao cais do porto.

Em 1933 a Estação Experimental perdeu sua autonomia, passando a se constituir na 7ª Divisão do Instituto Geológico e Mineralógico do Brasil, na gestão de Juarez Távora (1898-1975) no Ministério da Agricultura, sendo Fonseca Costa rebaixado à posição de Chefe de Seção. Porém, em junho daquele ano, a Estação passou a integrar a recém-criada Diretoria Geral de Pesquisas Científicas do Ministério da Agricultura, dirigida por Arthur Neiva (1880-1943), com a denominação de Instituto de Tecnologia. Além deste, participavam da Diretoria o Instituto de Meteorologia, o Instituto de Geologia e o Instituto de Biologia Animal, no que seria uma primeira e efêmera tentativa de criar uma agência central de pesquisas científicas no país. Arthur Neiva instalou seu gabinete no novo prédio do Instituto de Tecnologia, ao lado de Fonseca Costa.

O Decreto 22.750 de 24 de maio de 1933, que criou o Instituto de Tecnologia, trazia em si boa parte da concepção que a seu respeito tinha Fonseca Costa sobre o INT e seus fins. Esse decreto se referia a que "o



O então presidente Getúlio Dornelles Vargas (1882-1954) visita a Estação Experimental de Combustíveis e Minérios no início da década de 1930. A seu lado, Ernesto lhe mostra em um papel os resultados das experiências sobre as propriedades do carvão brasileiro. Da obra "Instituto Nacional de Tecnologia, desde 1921 gerando tecnologia para o Brasil"

desenvolvimento de que necessita a indústria nacional exigia o prévio acurado estudo do aproveitamento mais racional das matérias-primas do país", e também ao fato de que "a assistência técnica assegurada pelo Ministério da Agricultura ao Instituto do Açúcar e do Alcool demandava um órgão especializado capaz de satisfazer a seus objetivos". Finalmente, há uma referência à necessidade de "instituir o quanto antes cursos para especialização de técnicos brasileiros." O Decreto 23.979 de 8 de março de 1934 transferiu para o Ministério do Trabalho, Indústria e Comércio, com as respectivas verbas, o Instituto de Tecnologia. Por fim, pelo Decreto 24.277 de 22 de maio de 1934, o Instituto de Tecnologia teve sua denominação alterada para Instituto Nacional de Tecnologia, o qual conserva até hoje.

A presença de Fonseca Costa no centro das decisões nacionais na área de ciência e tecnologia foi constante: em 1931, participou da Comissão Nacional de Siderurgia, formada por Getúlio Vargas para reestudar o contrato da Itabira Iron; em 1933, foi nomeado para presidir a Comissão de Estudos do Alcool Motor, e, no mesmo ano, para participar como membro da Comissão Organizadora do Instituto do Açúcar e do Alcool. Ainda participou do Conselho Nacional de Petróleo, criado pelo governo Vargas em 1938. Ernesto foi participante ativo de congressos de química em nosso país: na década de 1920, participou do 1º Congresso Brasileiro de Química (1922) e do 1º Congresso Nacional de Óleos, Gorduras, Ceras, Resinas e seus Derivados (1924), ambos no Rio de Janeiro; esteve no 2º Congresso Brasileiro de Química e no III Congresso Sul-Americano de Química, ambos realizados em 1937. Todos os congressos supracitados foram organizados pela *alma mater* da ABQ, a Sociedade Brasileira de Química. Na década de 1940, participou dos primeiros congressos organizados pela Associação Química do Brasil, as raízes mais novas da ABQ moderna (1941-1947). Ernesto foi sócio de ambas as sociedades.

Sob a liderança de Fonseca Costa, o INT se consolidou naquela época como um grande centro de pesquisas, como órgão de prestação de serviços técnicos à indústria e ao setor público e como entidade oficial, incumbida de funções fiscalizadoras, normativas e

consultivas. Sua direção foi marcada também pela plena atividade e pelo amadurecimento de uma primeira geração de técnicos, em um padrão de relacionamento interpessoal estável, decorrente do estilo de atuação de seu líder. Fonseca Costa não era um Diretor de gabinete. Semanalmente percorria todos os laboratórios para inteirar-se das atividades e discutir o andamento dos projetos. Costumava assoviar enquanto andava pelos corredores, como que anunciando sua aproximação.

Ernesto era amigo muito próximo de Jayme Santa Rosa, fundador desta revista e funcionário (tecnologista) do INT. Assim, Santa Rosa ofereceu a Ernesto durante quase vinte anos espaço para divulgar os trabalhos do Instituto (por meio de editoriais, notícias e entrevistas), e ainda para publicar artigos técnicos sobre os problemas relativos aos combustíveis e matérias primas nacionais.

Foi por sua iniciativa que começaram no Brasil os estudos de informática – então conhecida como cibernética – através de cursos dados em 1950 por professores franceses que ele trouxe ao Rio de Janeiro.

Seu último trabalho foi o estudo das causas do rompimento da segunda adutora de Ribeirão das Lajes, tendo ele atribuído à *stress corrosion* a origem daqueles acidentes, diagnóstico pioneiro conseguido mediante uma acurada experimentação, cujas últimas fases dirigiu já no leito de morte.

Faleceu no Rio de Janeiro em 14 de dezembro de 1952. Casou-se com Maria da Glória Pinto da Fonseca Costa, com quem teve duas filhas: Maria da Penha Fonseca Costa e Glória Maria Fonseca Costa.

Referências

Instituto Nacional de Tecnologia, desde 1921 gerando tecnologia para o Brasil. Rio de Janeiro: Instituto Nacional de Tecnologia, 2005.

Costa, E. L. F. *O Instituto Nacional de Tecnologia e seus Fins*; Rio de Janeiro: Ministério do Trabalho, Indústria e Comércio, 1934.

In Memoriam Fonseca Costa. Rio de Janeiro: Instituto Nacional de Tecnologia, 1953.

Schwartzman, S.; Castro, M. H. M. Nacionalismo, iniciativa privada e o papel da pesquisa tecnológica no desenvolvimento industrial: os primórdios de um debate. *Dados Revista de Ciências Sociais*, Rio de Janeiro, v. 28, nº 1, 1985, p. 89-111.

PIONEIROS DA QUÍMICA

Otto Vicente Perrone

Otto nasceu em Guarani, Zona da Mata de Minas Gerais, em 1926. Ainda na juventude, veio para o Rio de Janeiro, então Capital Federal. Formou-se em Química Industrial em 1951 e em Engenharia Química quatro anos depois, pela Escola Nacional de Química da Universidade do Brasil, hoje Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Foi chefe da Assistência de Indústria Petroquímica da Petrobras entre 1964 e 1968, fazendo parte da equipe comandada por Leopoldo Miguez de Melo (1913-1975), quando Ernesto Beckmann Geisel (1907-1996) presidia a empresa. Foi nesse período que foi criada a Petroquisa, subsidiária da Petrobras encarregada de representar o Governo na implantação da indústria petroquímica no Brasil, tendo Otto sido seu Vice-Presidente de 1971 a 1982.

Como Presidente da Copene (Companhia Petroquímica do Nordeste), cargo que ocupou de 1972 a 2001, foi responsável pela implantação do Polo Petroquímico de Camaçari. Ainda em 1972 integrou-se à missão japonesa que desembarcou no Rio para projetar o complexo industrial. Em janeiro de 1974 dava-se início à terraplenagem. A inauguração da Central de Matérias Primas, Central de Manutenção, Central de Tratamento de Efluentes e mais 26 fábricas, deu-se em junho de 1978, obedecendo a rígido cronograma físico e financeiro. Perrone exerceu com maestria e perspicácia a liderança de implantação do Polo, negociando a constituição de empresas com participação de grupos privados nacionais, estes sem quase nenhuma experiência na indústria química, empresas petroquímicas multinacionais e a Petroquisa.

Adary Oliveira, presidente da Associação Comercial da Bahia, lembra que “muito se deve a Otto

Perrone, desde a atração do capital estrangeiro, cedente da tecnologia, ao convencimento dos empresários brasileiros estabelecidos como empreiteiros, banqueiros, mineradores, fabricantes de celulose e papel, para ingressarem no desconhecido e complexo mundo da indústria química, de riscos incalculáveis.” “As habilidades de Perrone garantiram um excelente convívio com os governadores da Bahia que apoiaram os projetos de forma plena. Luiz Viana Filho (1908-1990), Antonio Carlos Magalhães (1927-2007) e Roberto Figueira Santos (1926-) estiveram ao seu lado por todo o tempo da construção do Polo, e ele fez tudo sem falhas ou deslizamentos.”

Otto atuou intensamente em todos os debates políticos sobre a teoria e as formas de desenvolvimento industrial desde as décadas de 1950 e 1960. Além da constituição das empresas, negociava os contratos de transferência de tecnologia na versão que permitia a sua averbação pelo Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI). Ele foi o principal formulador do conhecido modelo tripartite, que permitiu a união de empresas de capital estatal e privado, nacionais e



internacionais, formando *joint-ventures* que atuaram decisivamente na construção do parque petroquímico brasileiro. Sua liderança se estendia ao então Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico (BNDE) e suas subsidiárias FIBASE e FINAME, e seguia de perto a aprovação de cada um dos projetos das unidades fabris do maior complexo industrial integrado do hemisfério sul no Conselho de Desenvolvimento Industrial (CDI).

Fernando Sandroni, membro da Academia Nacional de Engenharia, destaca que Otto “foi presidente de muitas associações (por exemplo, da ABIQUIM - Associação Brasileira da Indústria Química - no período 1985-1986), fundou dezenas de empresas.” Ele ressalta: “sua atuação, pouco conhecida, como consultor científico da delegação brasileira à Convenção sobre Armas Químicas (1992-1993), que tratou da proibição da produção, do armazenamento e do uso desse armamento.” Otto assumiu a presidência do IBP (Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis) em 1994, às vésperas da maior mudança na história do setor de petróleo no Brasil, período entre a abertura do mercado ao setor privado até a promulgação da Lei que regulamentava o setor, em agosto de 1997.

Otto recebeu inúmeros títulos e condecorações: Medalha do Mérito da Bahia, na classe de comendador (1974); Ordem do Mérito Industrial Luiz Tarquínio (1984); Ordem do Rio Branco, no grau do comendador (1992);

Medalha do Mérito Industrial da Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (FIRJAN, 2002); Medalha do Mérito Industrial da Confederação Nacional da Indústria (CNI, 2002); Diploma ao Mérito da Escola de Química da UFRJ (2003); Prêmio Leopoldo Américo Miguez de Mello (2004).

Em 2010, Otto publicou a obra *A Indústria Petroquímica no Brasil*. Juntamente com Amilcar Pereira da Silva Filho, na qualidade de coordenadores, lançou em 2013, a obra *Processos Petroquímicos*, baseada em aulas dadas por especialistas no curso homônimo ministrado anualmente pelo IBP. É considerada obra inédita em língua portuguesa e, por sua abrangência, sem paralelo na literatura técnica especializada mundial.

Dotado de uma excepcional capacidade empreendedora e visão estratégica, Otto Vicente Perrone é, sem dúvida, um dos maiores expoentes da industrialização brasileira no século XX, sendo mesmo considerado “pai da petroquímica brasileira”. Foi uma pessoa gentil e acessível, cativava a todos pelas suas prodigiosas cultura e inteligência e, também, pela moderação com que solucionava os impasses inerentes à sua trajetória profissional. Na Bahia, seu nome é muito lembrado pela contribuição que deu ao desenvolvimento do estado. Ele empresta seu nome para nomear a sala E-216 da Escola de Química da UFRJ. Otto faleceu no Rio de Janeiro em 25 de dezembro de 2018, aos 92 anos.

Referências

Morre Otto Perrone, personagem fundamental na industrialização brasileira.

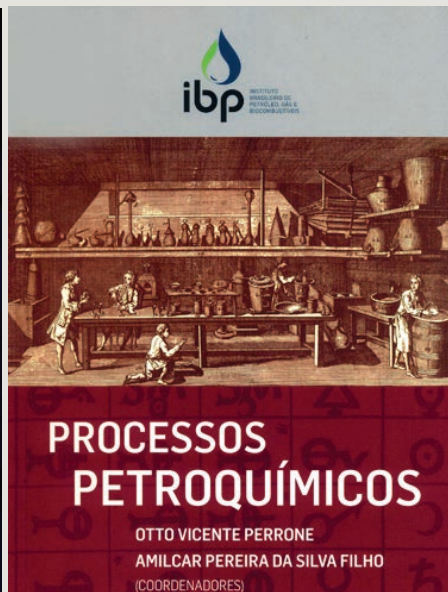
Jornal O Globo, Rio de Janeiro, edição de 20 de janeiro de 2019.

Oliveira, A. *Otto Perrone, uma lenda da petroquímica – ACB Opinião 340.*

<https://acbahia.com.br/otto-perrone-uma-lenda-da-petroquimica/>, acessado em janeiro de 2019.

Perrone, O. V.; Silva Filho, A. P. *Processos Petroquímicos*. Rio de Janeiro: Interciência e IBP, 2013.

Perrone, O. V. *A Indústria Petroquímica no Brasil*. Rio de Janeiro: Interciência e IBP, 2013.



Duas obras na área da petroquímicas tendo a autoria ou a coordenação de Otto Vicente Perrone

PIONEIROS DA QUÍMICA

Sylvio Fróes Abreu

Sylvio nasceu em Salvador em 26 de dezembro de 1902. Era o filho caçula do cearense e médico João da Cruz Abreu (1866-1947) e da baiana Maria América Fróes Abreu (1872-1950).

Fez o curso colegial no Colégio Paula Freitas. Aos 17 anos, matriculou-se no curso de Química Industrial da Escola Politécnica do Rio de Janeiro. Logo demonstrou grande talento e capacidade para pesquisa. Além de química, estudou também mineralogia e geologia, que se tornou o campo de trabalho de sua predileção. Em maio de 1922, já diplomado, começou a trabalhar com Ernesto Lopes da Fonseca Costa (1891-1952) na Estação Experimental de Combustíveis e Minérios (EECM), por indicação do engenheiro de minas Luís Felipe Gonzaga de Campos (1856-1925), Diretor do Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil. Mais exatamente, foi nomeado ajudante de química interino, sendo efetivado por concurso em abril de 1925.

Sylvio estudou as possibilidades brasileiras no campo dos combustíveis (turfa, xistos, linhitos, carvões e, sobretudo, petróleo). Durante dez anos (1922-1932) trabalhou em laboratório, tendo neste período publicado oito trabalhos, o que pode parecer pouco para os padrões de hoje, mas é um feito, se considerada a época e a diversidade de suas ocupações, e se ressaltado o valor científico de artigos como Sal no Vale do São Francisco (1927) e Sambaquis de Imbituba e Laguna, Santa Catarina (1928). Sua primeira obra foi publicada em 1922, pela tipografia do Jornal do Comércio do Rio de Janeiro, intitulado “Xisto Betuminoso da Chapada do Araripe” (Ceará). Na fase final desse período ocupou-se do babaçu, culminando na obra “O coco babaçu e o problema do combustível” (1931), onde Sylvio pôs nos devidos termos o valor real daquele importante produto vegetal, como

fonte de óleos vegetais e combustível. Uma segunda edição foi publicada em 1940.

O trabalho “Nordeste Brasileiro”, contendo importantes estudos especiais sobre o Nordeste do Brasil, foi apresentado em um concurso de Geografia Geral e do Brasil na Escola Normal do Rio de Janeiro, hoje Instituto de Educação, vindo a lhe proporcionar o cargo de Professor Catedrático, em 1929. Sylvio foi um dos três geólogos que criaram, em 1957, o Departamento de Geologia da Faculdade Nacional de Filosofia da então Universidade do Brasil (hoje, Departamento de Geologia do Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza da atual Universidade Federal do Rio de Janeiro). Na área do ensino, Sylvio preocupava-se muito com a educação dos jovens – o futuro do Brasil –, orientando-os para as carreiras tecnológicas e as que garantissem o futuro das reservas naturais do solo brasileiro.

Uma característica muito marcante na trajetória profissional de Sylvio foram as inúmeras viagens pelo Brasil, especialmente a partir de 1932, colhendo amostras de toda sorte (especialmente minerais) para seus estudos. Em decorrência disso tornou-se um dos profissionais mais bem informados sobre a geologia econômica do País.

Em 1933, foi nomeado Diretor da Divisão de Indústrias Químicas Inorgânicas da EECM e intensificou sua dedicação à produção científica. Suas pesquisas sobre petróleo, cuja existência no Brasil comprovou, estão reunidas no trabalho que publicou em 1936, “Contribuição à Geologia do Petróleo no Recôncavo”, em colaboração com Glycon de Paiva e Inark do Amaral.

A questão da existência de petróleo em nosso território merece um comentário à parte face à decisiva atuação de Sylvio Fróes Abreu para dirimir essa dúvida

que se arrastava havia anos. Em 1934, o então Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) afirmava textualmente que eram equivocadas as ideias da existência de petróleo no Brasil, com base no parecer de um grupo de técnicos estrangeiros de prestígio, chefiados por Victor Oppenheim (1906-2005) e Mark Malamphy. Enquanto isso o já Instituto Nacional de Tecnologia (INT, antes EECM) acreditava na existência de petróleo por aqui, e que esse petróleo deveria ser explorado pelo próprio governo, o que contrariava o então Ministro da Agricultura Juarez Távora (1898-1975). Em uma conferência realizada naquele ano no INT, o engenheiro Augusto Fontenelle afirmou que as amostras de petróleo de Lobato eram autênticas, contrariando a posição oficial do DNPM. Isso provocou queixas do diretor do DNPM, Domingos Martins Fleury da Rocha (1887-1977), ao Ministro Juarez Távora, que, por sua vez, teria censurado Fonseca Costa, então diretor do INT.

Sylvio Fróes de Abreu foi a Lobato e retornou com amostras do solo e do óleo. Nos laboratórios do Instituto, concluiu que realmente se tratava de petróleo. Fez um relatório do que vira na Bahia e do que analisara, expondo sua convicção da existência de petróleo no Recôncavo. No discurso de posse na Academia de Ciências do Rio de Janeiro, em novembro de 1938, diante dos demais membros, Fróes de Abreu fez uma brilhante defesa de sua tese sobre a existência de petróleo em Lobato. Quase todos os cientistas presentes riram e um dos acadêmicos mais inflamados gritou que “só um doido e ignorante podia acreditar na lenda do petróleo baiano”. Fróes de Abreu saiu do recinto indignado e derrotado, mas convicto do resultado de suas análises.

Dois meses depois, no dia 21 de janeiro de 1939, o petróleo jorrou no primeiro poço de Lobato, a apenas alguns metros da cisterna cavada por Oscar Cordeiro, então Presidente da Bolsa de Mercadorias de Salvador, de onde tinham saído as primeiras amostras em maio de 1933...

Sylvio teve participação atuante em inúmeros congressos, seminários e conferências ligados à área da Geologia, da Química, e da Geografia Econômica, no Brasil e em vários países, proferindo inclusive as



Sylvio Fróes Abreu, então Diretor do Instituto Nacional de Tecnologia, participa do IV Congresso Brasileiro de Cerâmica, em São Paulo, 1958. Da obra “Instituto Nacional de Tecnologia, desde 1921 gerando tecnologia para o Brasil”

conferências de abertura, tendo representado o Brasil na ONU (Organização das Nações Unidas) e na UNESCO, para assuntos de Geologia e Geografia, em vários países. Falava e escrevia artigos em inglês, francês e alemão.

Como jornalista, pertenceu à Associação Brasileira de Imprensa (ABI), tendo escrito inúmeros artigos em jornais e revistas, sobre assuntos técnicos: Geologia, Geografia, Química, Geografia Econômica e Tecnologia, sendo que entre as principais revistas e boletins, para onde escrevia com mais assiduidade, estavam: Revista Engenharia, Mineração e Metalurgia, do Instituto Brasileiro de Mineração e Metalurgia, onde era membro da comissão de redação; Revista Geologia e Metalurgia, órgão do Centro Moraes Rego da Escola Politécnica de São Paulo; Boletim do Instituto Geográfico e Geológico da Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo; Revista da Sociedade Geográfica do Rio de Janeiro; Jornal de Mineralogia (Recife); Revista Brasileira de Geografia, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), onde era membro da comissão de redação; Revista Brasileira de Geologia, da comissão de redação; Revista de Química Industrial; Boletim do Ministério da Agricultura, Indústria e Comércio; Carta Mensal, revista da Confederação Nacional do

Comércio; Digesto Econômico, revista da Associação Comercial de São Paulo. Foi Membro, dentre outras instituições, da Academia Brasileira de Ciências; Associação Brasileira de Ciências; National Geographic Society; Sociedade Brasileira de Geologia; comissão orientadora da Campanha de Formação de Geólogos do Ministério da Educação e Cultura (CAGE); Conselho Nacional de Minas e Metalurgia; Conselho Consultivo do Plano do Carvão Nacional; Conselho Deliberativo do Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq); Sociedade de Geografia; Membro e consultor técnico do Conselho Nacional de Geografia; Associação dos Geógrafos Brasileiros; Membro, colaborador e consultor do DNPM; Membro e conselheiro da Associação Brasileira de Química; Conselho Federal de Química; Associação Brasileira de Cerâmica; Conselho Técnico da Confederação Nacional do Comércio; Associação Brasileira de Normas Técnicas; Clube de Engenharia (cadeira nº 105); Conselho Consultivo da Companhia de Cimento Portland Barroso e do Instituto Brasileiro do Petróleo. Foi ainda eleito conselheiro do Conselho de Administração da Petrobrás, em 1966.

Ao todo, Sylvio publicou mais de trezentas obras, incluindo-se mais de cem artigos técnicos e científicos.



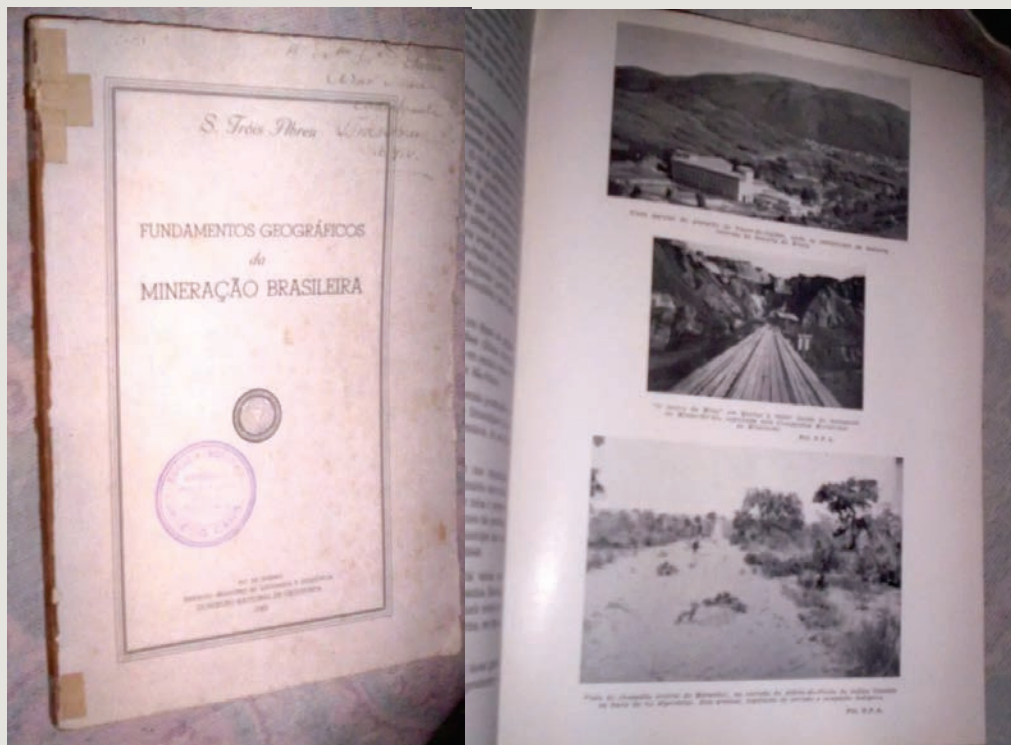
Capa do volume 1 de "Recursos Minerais do Brasil", a obra-síntese de Sylvio Fróes Abreu (edição de 1973, INT/Editora Edgard Blücher)

Destacam-se: Os calcários e a cal no estado do Rio de Janeiro (1935); As areias monazíticas do Espírito Santo (1940); Calcário sapropélico de Codó, Maranhão (1942); O problema dos fosfatos no Brasil (1952); Produção de diamantes (1956); Borracha natural e borracha sintética (1958); Aproveitamento de energia solar (1959). Vários de seus trabalhos foram publicados pela Escola Superior de Guerra, onde diplomou-se em 1956. Mas a obra considerada a síntese de sua vida é Recursos Minerais do Brasil, publicado em dois volumes (1º Volume - Materiais não metálicos; 2º Volume - Combustíveis fósseis e minérios metálicos). A 1ª edição foi editada pelo Instituto Nacional de Tecnologia (INT) em 1960.

Sylvio estudou as jazidas de diatomito em vários pontos do Brasil, chegando a projetar as instalações que permitiram a produção do diatomito em escala comercial em Dois Irmãos, Pernambuco. Quase no final de sua vida, preocupou-se com a pesquisa de sais de potássio, já conhecidos através de horizontes de carnalita nas camadas salinas da bacia cretácea de Sergipe, fato esse tão importante quanto à descoberta do petróleo na Bahia.

Dentre as inúmeras condecorações e honrarias que lhe foram conferidas, devem ser citadas: Medalha de Ouro José Bonifácio, cunhada com ouro da Mina de Ouro Velho, o maior prêmio conferido pela Sociedade Brasileira de Geologia, recebendo-a em novembro de 1959, por ocasião do 13º Congresso Brasileiro de Geologia (São Paulo), pelos seus 36 anos de trabalho e dedicação; Medalha de Ouro, a mais alta comenda conferida pelo Instituto Tecnológico do Estado de Pernambuco (*post-mortem*, 1972); Medalha São Sebastião, condecorativa, conferida pelo Instituto Histórico e Geográfico do Rio de Janeiro.

No discurso de agradecimento por ocasião do recebimento da Medalha de Ouro José Bonifácio, Sylvio Fróes Abreu apresentou suas contribuições para a geologia que considerava de maior significação prática: promoção do aproveitamento do *Kieselghur* nacional como material para isolamento térmico e filtração e constatação da sua ocorrência abundante no país;



Fundamentos Geográficos da Mineração Brasileira, de 1945

contribuição sensível para o início da pesquisa sistemática de petróleo no Recôncavo Baiano; descoberta e exploração da maior reserva de barita (sulfato de bário) do país.

Sylvio foi um grande amigo e colaborador de Ernesto Lopes da Fonseca Costa; quando este faleceu em 1952, tornou-se o segundo Diretor do INT, cargo que ocupou durante quase 20 anos, período em que se apresentaram grandes desafios a serem vencidos pelos pesquisadores.

Sylvio também era amigo muito próximo de Jayme Santa Rosa, fundador desta revista e funcionário (tecnologista) do INT. Santa Rosa ofereceu a ele espaço para divulgar os trabalhos de pesquisa que realizava, além de realizar algumas entrevistas com o ilustre pesquisador. O resultado disso é que mais da metade dos trabalhos científicos que Sylvio publicou em vida foram na Revista de Química Industrial (mais exatamente, 87!), o que o coloca este ilustre sócio da ABQ até hoje como o maior autor individual a contribuir para este periódico.

Afirma-se que Sylvio viveu e trabalhou para a sua família, para a ciência e para o engrandecimento do Brasil. Foi um patriota, no verdadeiro significado da palavra. Era manso como um cordeiro, mas sabia rugir como um leão,

quando se tratava de defender os interesses da nação. Era avesso a homenagens e elogios, mas não os recusou quando era agraciado. Para si, contentava-se com pouco e encontrava a alegria nas coisas mais simples da vida. Sabia que a verdadeira felicidade está no dever cumprido. Era tido como uma personalidade humilde e simples.

Sylvio faleceu no Rio de Janeiro em 2 de março de 1972. Casou-se em 1933 com Guilhermina Suzana Joncker, de origem belga (1911-1984). Desta união nasceram Cláudio Joncker

Fróes Abreu (1934-) e Maria das Graças Joncker Abreu (1939-).

Referências

→ Instituto Nacional de Tecnologia, desde 1921 gerando tecnologia para o Brasil. Rio de Janeiro: Instituto Nacional de Tecnologia, 2005.

→ Bokelmann, M. G. *Sylvio Fróes Abreu*. Revista do Instituto Genealógico da Bahia, nº 23, 2006 (<http://www.casadatorre.org.br/petrobras50a.htm>, acessado em janeiro de 2019). A autora é a filha de Sylvio.

→ Schwartzman, S.; Castro, M. H. M. Nacionalismo, iniciativa privada e o papel da pesquisa tecnológica no desenvolvimento industrial: os primórdios de um debate. *Dados Revista de Ciências Sociais*, Rio de Janeiro, v. 28, nº 1, 1985, p. 89-111.



Nota do Editor

→ A produção de Sylvio Fróes Abreu na RQI pode ser obtida por meio da lista de autores. Clique no link <http://www.abq.org.br/rqi/RQI-lista-por-autores.pdf>.

PIONEIROS DA QUÍMICA

Valter Stefani

Valter nasceu em Porto Alegre, capital do Estado do Rio Grande do Sul, em 30 de dezembro de 1952. Graduou-se em Química (bacharelado e licenciatura) pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUC-RS) em 1974. Sua pós-graduação se deu na Espanha. Conta-se que ao chegar em Madri em 1977, o seu orientador, Prof. Francisco Fariña, da Universidad Autónoma de Madri, entregou-lhe um frasco contendo uma mistura de quinonas de coloração azul intenso e disse-lhe que se ele conseguisse purificar o conteúdo do frasco (o que ninguém havia conseguido até então) ele teria a permissão de seguir em frente. O resultado desse desafio foi um mestrado, um doutorado em Ciências Químicas e muitos amigos. A tese de Doutorado defendida na Espanha foi agraciada com o primeiro lugar no XXXI



FOTO: Arquivo pessoal

**Valter Stefani por ocasião de sua
admissão como Acadêmico na
Academia Riograndense de Química**



FOTO: Cadinho Andrade

**Nomeação como Professor Titular do Instituto de Química
da UFRGS em março de 2012**

Concurso de "Tesis Doctorales Hispanoamericanas", realizado pelo Instituto de Cooperación Iberoamericana, e rendeu-lhe seis artigos científicos em revistas renomadas da época versando sobre o tema das quinonas. Fez estágio de pós-doutorado no Instituto de Química Orgânica General, do Consejo Superior de Investigaciones Científicas (IQOG-CSIC) de Madrid (1983).

Valter iniciou sua carreira docente no Colégio Nossa Senhora das Dores (1973-1979) e na PUC-RS (1974-1983), ambos em Porto Alegre. Em 1984, ingressou por concurso no Departamento de Química Orgânica na qualidade de primeiro Doutor em Química do Instituto de Química da UFRGS. Foi Chefe do Departamento de Química Orgânica por dois mandatos, Vice-Diretor do Instituto de Química, membro do Programa de Pós-Graduação em Química por dois mandatos, representante da UFRGS no Núcleo Disciplinar de Química da AUGM (*Asociación de Universidades Grupo Montevideo*), sempre atuante para defender e apoiar os interesses da comunidade deste Instituto. Desde março de 2012 era Professor Titular do IQ/UFRGS.

Em 1992 Valter mudou sua linha de pesquisa, passando a dedicar-se à química de compostos fluorescentes conhecidos como *ESIPT Dyes*. Essa linha de pesquisa, introduzida por ele no Brasil, lhe rendeu o maior número de publicações científicas e o reconhecimento nacional e internacional. A partir de 1999 ele voltou sua atenção à Química Forense, sua grande paixão até o final de sua vida. Essa forte relação começou quando Valter foi chamado pelo governo estadual gaúcho para resolver um problema relacionado com bafômetros (instrumentos para detecção de álcool em sangue). De forma totalmente autodidata assumiu esta como uma nova linha de pesquisa e o aprofundamento do tema veio naturalmente ao longo dos mais de 200 cursos e palestras ministrados pelo país afora, sendo considerado um dos precursores desse tema no Brasil. Valter ministrou o minicurso de Química Forense de forma ininterrupta (2001-2009) nas Reuniões Anuais da Sociedade Brasileira de Química. Após esse ciclo, iniciou um novo, desta vez nos Congressos Brasileiros de Química da Associação Brasileira de Química, igualmente de forma ininterrupta por nove anos (2009-2017). Seu curso sempre foi o mais concorrido em todas as edições. A ABQ preparava uma homenagem especial por ocasião da 10ª edição de seu curso, mas o agravamento de seu estado de saúde o impediu de participar do CBQ de São Luís em 2018.

Colaborou com o Instituto Geral de Perícia do

Estado do Rio Grande do Sul a partir de 1989, tendo sido o responsável pela modernização de técnicas e procedimentos analíticos e pela implementação de grandes modificações em laboratórios de perícia analítica. Foi consultor da Secretaria da Justiça e da Segurança (SJS-RS) na implantação dos laboratórios do Instituto Geral de Perícias do Estado do Rio Grande do Sul, consultor da Secretaria de Cultura do Estado do RS na restauração dos afrescos murais do Palácio Piratini – sede do Governo Estadual – e na implantação de laboratórios de restauração no Arquivo Histórico do Estado e na Casa de Cultura Mário Quintana em Porto Alegre.

Foi agraciado com diversos prêmios salientando-se o Prêmio Minerva (2005), concedido pelo Conselho Regional de Química do Estado do RS e Associações e Conselhos Profissionais de Química, a Homenagem de Reconhecimento por parte da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2006) e o de Acadêmico da Academia Riograndense de Química (2015).

Sua produção científica conta com 91 artigos, um livro, três capítulos de livros, nove trabalhos completos, vinte e dois resumos expandidos e 136 resumos publicados em anais de congressos, e seis patentes. Participou de mais de 100 bancas examinadoras (concursos públicos, trabalhos de pós-graduação etc.). Orientou 27 dissertações de mestrado, 10 teses de doutorado, duas supervisões de pós-doutorado, uma monografia de especialização e onze de graduação, e ainda quase 50 alunos de iniciação científica, tudo isso ao longo de 35 anos de carreira no magistério superior.

Valter Stefani faleceu em 19 de janeiro de 2019, pouco depois de completar 66 anos.

Figura marcante nos últimos CBQs, deixará uma grande lacuna na Química brasileira e uma profunda saudade em todos os que tiveram a honra de conviver com ele.

Referência

Depoimento da Professora Leandra Franciscato Campo, do Depto. de Química Orgânica do IQ/UFRGS, janeiro de 2019.



Valter Stefani ministrando o curso de Química Forense no CBQ de 2012 em Recife

Agradecimento aos assessores da Revista de Química Industrial

Como ocorre nos periódicos que publicam trabalhos com base na avaliação por pares, a Revista de Química Industrial adota esta sistemática quando recebe artigos submetidos. Para tanto, conta com a colaboração voluntária de profissionais das áreas acadêmica e industrial para emitirem seus pareceres, propiciando aos trabalhos com potencial a oportunidade de melhorar a qualidade dos mesmos, o que agrega valor e credibilidade ao veículo de publicação.

A esta era de modernidade se junta a tradição de mais de 85 anos, como a revista mais antiga da área da Química hoje em circulação no país, com mais de 3 mil trabalhos publicados desde 1932.

Passado mais um ano de intenso trabalho, é chegado o momento de o Editor agradecer a todos os assessores dos trabalhos submetidos à Revista ao longo do último ano. Além dos membros do Conselho Editorial, são devidos agradecimentos aos seguintes profissionais:

Aline Domingos Gonçalves
Ana Lúcia Lima
Cláudio Cerqueira Lopes
Débora França de Andrade
Emerson Schwingel Ribeiro
Estêvão Freire
Fernanda Veronesi Marinho Pontes
Fernando Henrique Cincotto
Gabriela Vanini Costa
Jéssica Frontino Paulino
Jussara Lopes de Miranda
Luiza Cristina de Moura
Maiara Oliveira Salles
Marlice Aparecida Sípoli Marques
Paula Fernandes de Aguiar
Virgínia Verônica de Lima



11º Simpósio Nacional de Biocombustíveis

15 A 17 DE MAIO 2019

OLÁ CONHEÇA MAIS SOBRE O SIMPÓSIO

O Simpósio Nacional de Biocombustíveis - BIOCOM é um evento organizado anualmente pela Associação Brasileira de Química - ABQ e realizará sua décima primeira edição no período de 15 a 17 de maio 2019, na cidade de São Luís, capital do Estado do Maranhão.

LOCAL
Grand Sao Luís Hotel

INSCRIÇÕES
A partir de 18/02/2018

ATIVIDADES

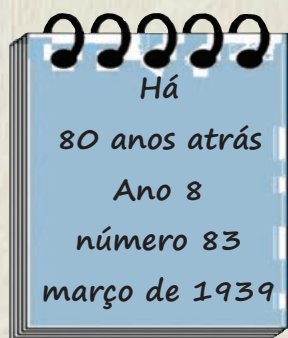
- Palestras
- Mesas redondas
- Apresentações de posters
- Comunicações orais



Convidados confirmados:

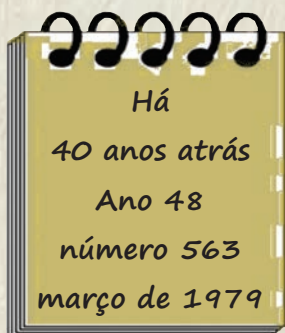
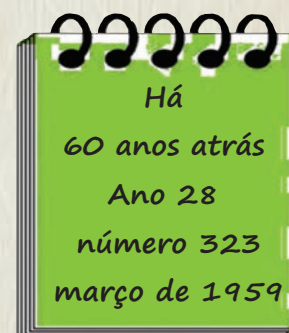
- Adeilton Pereira Maciel – UFMA / ABQ-MA
- Alessandro Sanches – ABIÓGÁS-SP
- Bruno Colling Klein – CTBE-CNPEM
- Carla Verônica Rodarte de Moura – UFPI
- Cristina Alves Lacerda – UFMA
- Davina Camelo Chaves – IFMA-Campus Zé Doca
- Geraldo Narciso da Rocha Filho – UFPA
- Jose Vitor Bomtempo Martins – UFRJ
- Marta Célia Dantas Silva – UFPB / ABQ-PB
- Paulo Anselmo Ziani Suarez - UnB

Aconteceu na RQI ...



- ▣ **Pólvoras e explosivos** - <http://www.abq.org.br/rqi/edicoes-1932-1939.html> (clicar no número 83, p. 24)
- ▣ **O que a química tem feito pela saúde humana** - <http://www.abq.org.br/rqi/edicoes-1932-1939.html> (p. 39-42)
- ▣ **Alvejamento de tecidos de algodão** - <http://www.abq.org.br/rqi/edicoes-1932-1939.html> (p. 37-38)

- ▣ **Derivados da indústria açucareira** - <http://www.abq.org.br/rqi/edicoes-1950-1959.html> (clicar no número 363, p. 14-17)
- ▣ **O bambu e a indústria de papel** - <http://www.abq.org.br/rqi/edicoes-1950-1959.html> (p. 22)
- ▣ **A pesquisa de mercado e sua importância para a indústria química brasileira** - <http://www.abq.org.br/rqi/edicoes-1950-1959.html> (p. 13)



- ▣ **Energia Solar: disponibilidades, colheita, futuro** - <http://www.abq.org.br/rqi/edicoes-1970-1979.html> (clicar no número 563, p. 11-17)
- ▣ **Fosfato de gálio** - <http://www.abq.org.br/rqi/edicoes-1970-1979.html> (p. 28)

- ▣ **Lixo Urbano, um indicador de progresso** - <http://www.abq.org.br/rqi/edicoes-1990-1999.html> (clicar no número 715, p. 7-8)



- ▣ **Geração de energia** - <http://www.abq.org.br/rqi/2014/758/RQI-758-pagina6-Capa-Geracao-de-Energia.pdf>
- ▣ **RenovaBio: próximos passos** - <http://www.abq.org.br/rqi/2014/758/RQI-758-pagina4-Aconteceu-RenovaBio.pdf>

O Sistema Periódico dos Elementos

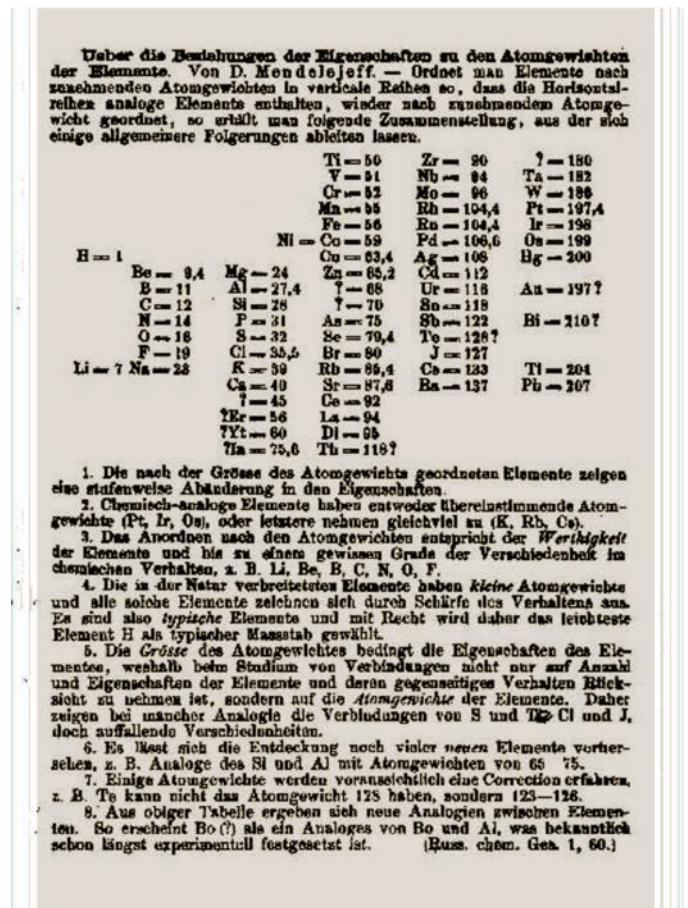
"Uma das mais notáveis figuras que se apresentam na Química e que, por seus geniais trabalhos, tem muitas vezes, para os estudantes da ciência de Lavoisier, um certo toque de magia, é a de Mendeleev. Procuraremos dar uma ideia aos nossos leitores dos trabalhos daquele genial químico russo que viveu de 1834 a 1907. Embora o químico alemão Lothar Meyer houvesse, desde 1864, salientado a regularidade existente nas diferenças entre os pesos atômicos dos diversos elementos químicos, quando agrupados de acordo com as valências (chama-se valência o poder de combinação de um átomo), e com a semelhança das propriedades, é sem dúvida a Dimitri Ivanowitch Mendeleev que cabe a prioridade na noção mais exata e da exposição mais lúcida da chamada "periodicidade dos elementos", ou mais explicitamente, a "periodicidade das analogias entre os elementos".

Foi em 1869 que Mendeleev, já de renome nos meios científicos europeus por notáveis investigações anteriores, fez perante a Sociedade Química Russa uma comunicação intitulada "Ensaio de um sistema de elementos segundo seus pesos atômicos e suas propriedades químicas". Esse trabalho, um dos mais extraordinários e que maior repercussão tiveram na Química, apresentava as seguintes conclusões: 1) os elementos, quando dispostos segundo os pesos atômicos, exibem evidente periodicidade de propriedades; 2) os elementos análogos em suas propriedades químicas apresentam pesos atômicos de valor aproximadamente idêntico, como é o caso da platina, do ósmio e do irídio, ou que aumentam com regularidade, como é o caso do potássio, do rubídio e do cézio; 3) a disposição dos elementos em grupos na ordem dos pesos atômicos corresponde às suas valências como também às suas propriedades químicas características; 4) os elementos mais espalhados na natureza são os de menores pesos atômicos; 5) a magnitude do peso atômico determina o caráter do elemento; 6) pode ser prevista a descoberta de alguns elementos

desconhecidos, como por exemplo, elementos análogos ao alumínio e ao silício; 7) os pesos atômicos podem ser corrigidos pelo conhecimento dos pesos atômicos dos elementos contíguos no quadro periódico, assim, o do telúrio deve estar entre 123 e 126, e não deve ser 128.

Mendeleev organizou, anexo a tal comunicação, um quadro dos elementos dispostos sob o critério enunciado e que viria, dois anos mais tarde, a ser substituído pelo próprio Mendeleev, por um outro mais aperfeiçoado e corrigindo certas falhas do primeiro.

De todas as consequências deduzidas do sistema periódico nenhuma despertou tanto interesse e entusiasmo como a que expusemos no item 6, ou seja, a previsão da existência de elementos ainda não descobertos e a possibilidade de conhecimento antecipado de suas propriedades.



Reprodução da página 405 do periódico "Zeitschrift für Chemie" (1869), na qual aparece pela primeira vez fora da Rússia a tabela de Mendeleev. Porém, o termo "tabela" só apareceria na segunda versão, de 1871

O próprio Mendeleev propôs que tais elementos fossem designados pela adição de prefixos numéricos extraídos do sânscrito.

Assim, foram sugeridas para os elementos que deveriam ser descobertos ainda, anteriormente contíguos ao silício, ao boro e ao alumínio, as denominações de ekasilício, ekaboro e ekalumínio.

Atraídos pelas ideias de Mendeleev, inúmeros

pesquisadores lançaram-se à verificação da "lei periódica" e o resultado é que não se fizeram esperar os resultados, sendo logo descobertos vários elementos nas condições previstas por Mendeleev, o que foi a confirmação de uma das mais belas concepções no domínio da Química."

(s.a.)

Publicado no Jornal "A Manhã", Distrito Federal (Rio de Janeiro);
Sábado, 7 de setembro de 1946, página 4

Impressões Literárias Sobre o Poema do Átomo

O poema do átomo, isto é, da composição própria da matéria, a descoberta dos elementos químicos que a compõem ou o isolamento desses elementos, tudo com abundância de detalhes e datas, o Sr. Luciano Pereira da Silva nos apresenta no "Poema do Átomo", que é um trabalho revelador de cultura especializada e sistematizada sobre o assunto.

Ele nos dá com precisão, segundo as palavras da ciência, sem fantasias, a descrição do átomo e de que se compõe esse elemento gerador dos mundos.

A sua história é a história do próprio Universo, muito longe da concepção consagrada pela fé.

A composição dos astros, diz-nos o autor, é sempre a mesma nos planetas, nas estrelas, nas nebulosas, conforme prova o exame espectral. Em todos, a matéria é composta de moléculas, a molécula de átomos e os átomos de prótons e elétrons, resultando do número de prótons e elétrons que entram na composição de cada átomo as substâncias químicas elementares.

"O átomo é formado por um núcleo, composto de prótons e de elétrons, carregado de eletricidade positiva, em torno do qual giram outros elétrons, carregados de eletricidade negativa, a tremendas velocidades e em órbitas características, à semelhança do que sucede com o sistema solar; o núcleo representaria o sol e os elétrons livres os planetas por ele controlados." (...)

"É pois, no átomo, que se encontra o começo de tudo que existe na natureza sob a forma de matéria, qualquer que seja o lugar em que for encontrada: na

poeira luminosa das nebulosas, nas estrelas, nos planetas, nos organismos vivos, inclusive no cérebro do homem, que é a expressão mais alta de atividade da matéria."

Até o presente momento a ciência verificou 92 formas de átomos correspondentes aos 92 elementos químicos já isolados ou identificados, continuando os sábios à procura de novos em profundas indagações e experiências de laboratório. Esses elementos são considerados corpos simples porque conservam a sua estrutura integral quando submetido aos processos químicos de redução.

"Tudo faz supor que, além dessas 92 formas de átomos, outras existem de maior peso, sobretudo nas estrelas, tanto mais pesados quanto mais distantes da periferia, de acordo com a lei da gravidade. O mesmo sucederá com os planetas, nas proporção dos respectivos tamanhos."

E, por aí adiante, com muita erudição e muito critério, o Sr. Luciano Pereira da Silva descreve, dentro da ciência, o que é o átomo, apoiado por Van Maanen, H. N. Russel e outros, num estudo merecedor de aplausos, porque é também um esforço de pura abnegação cultural.

O "Poema do Átomo", apesar de seu lado científico, é um estudo bem feito e bem escrito, que não há quem não leia com agrado.

(Harold Daltro)

Publicado no Jornal "A Batalha", Distrito Federal (Rio de Janeiro);
domingo, 16 de abril de 1939, página 2.

A obra a que se refere é "Poema do Átomo", de Luciano Pereira da Silva. Rio de Janeiro: Ed. Rodrigues e Cia., 1939.

Agenda *Eventos*

Nacionais

11º Simpósio Nacional de Biocombustíveis BIOCOM

São Luís, MA, 15 a 17 de maio de 2019
Info: www.abq.org.br/biocom

Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica

Uberlândia, MG, 21 a 24 de julho de 2019
Info: www.cobeqic2019.com.br

17º Simpósio Brasileiro de Educação Química SIMPEQUI

Porto Alegre, 5 a 7 de agosto de 2019
Info: www.abq.org.br/simpequi

11º Encontro Nacional de Tecnologia Química ENTEQUI

Teresina, PI, 11 a 13 de setembro de 2019
Info: www.abq.org.br/entequi

59º Congresso Brasileiro de Química - CBQ

João Pessoa, PB, 5 a 8 de novembro de 2019
Info: www.abq.org.br/cbq

XX Simpósio Brasileiro de Química Teórica - SBQT 2019

Toão Pessoa, PB, 10 a 14 de novembro de 2019
Info: <http://www.quimica.ufpb.br/sbqt2019/>

Internacionais

VII Simposio Internacional de Química

Ilha de Santa Maria, Cuba, 23 a 30 de junho de 2019
Info: www.siq.uclv.com/siquicacuba

47º Congresso Mundial de Química

Paris, França, 5 a 12 de julho de 2019
Info: www.iupac.org

XVII Congresso Latino-Americano de Cromatografia e Técnicas Relacionadas - COLACRO

Aracaju, SE, 14 a 19 de julho de 2019
Info: [/www.colacro2019.com/](http://www.colacro2019.com/)

XXVI Encontro Nacional da SPQ

Porto, Portugal, 24 a 26 de julho de 2019
Info: <http://xxvienspq.eventos.chemistry.pt/>

73º Congresso Argentino de Bioquímica

Buenos Aires, Argentina, 20 a 23 de agosto de 2019
Info: info@abq.online.org.ar

International Symposium on Synthesis and Catalysis 2019

Évora, Portugal, 3 a 6 de setembro de 2019
Info: <http://isysycat2019.eventos.chemistry.pt/>

Avaliação da atividade antioxidante de extrato de folhas de maracujá (*Passiflora edulis*) obtido com diferentes solventes

Evaluation of the antioxidant activity of passion fruit leaf extract (Passiflora edulis) obtained using different solvents

Erissandro dos Santos Silva^{1*}, Franklin Damião Xavier², Maristela Alves Alcântara²,
Bruno Ranieri Lins Albuquerque Meireles², Angela Maria Tribuzy de Magalhães Cordeiro³,
Denise Domingos da Silva¹, Marta Maria da Conceição³

¹PPGCN Biotec, Universidade Federal de Campina Grande, CES, Cuité, PB, Brasil.

²LACOM, CCEN, Universidade Federal da Paraíba, Campus I, João Pessoa, PB, Brasil.

³DTA, CTDR, Universidade Federal da Paraíba, Campus I, João Pessoa, PB, Brasil.
*quimikaa@gmail.com

Submetido em 12/10/2018; Versão revisada em 30/11/2018; Aceito em 01/12/2018

Resumo

O objetivo deste trabalho foi obter extratos a partir de folhas de maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* of *Flavicarpa*) utilizando os solventes etanol, acetona, as misturas etanol/acetona e etanol/água, bem como determinar o teor de fenóis totais e a atividade antioxidante desses extratos. As técnicas usadas na preparação e caracterização dos extratos foram: maceração na obtenção dos extratos, método calorimétrico Folin-Ciocalteu na determinação do teor de fenóis totais, método de sequestro do radical livre DPPH (radical 1,1-difenil-2-picril-hidrazil) na determinação da atividade antioxidante, Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE) na identificação e quantificação dos compostos bioativos presentes nos extratos, e Espectroscopia de Absorção na Região do Infravermelho. Os resultados obtidos por meio dessas técnicas mostraram que todos os extratos são constituídos por compostos bioativos e apresentam atividade antioxidante. O extrato que apresentou a maior atividade antioxidante foi o Extrato Etanólico/Acetônico de Maracujá (EEAM), que apresentou como componentes majoritários o ácido 2,5 diidroxibenzoico e o flavonóide rutina. Os espectros de infravermelho do extrato EEAM indicaram a presença de bandas características de compostos fenólicos. Através da CLAE ficou evidente que existe uma correlação entre os compostos bioativos o qual constituem o extrato EEAM e atividade antioxidante.

Palavras-chave: Maracujá-amarelo; Antioxidante; Ácido 2,5 diidroxibenzoico; Rutina

Abstract

The purpose of this work was to obtain Extracts from Yellow Passion Fruit leaves (*Passiflora edulis* of *Flavicarpa*) using ethanol, acetone, ethanol/acetone and ethanol/water mixtures. Total phenolic content and antioxidant activity of the extracts were determined using the following techniques: maceration in obtaining the extracts, the Folin-Ciocalteu calorimetric method in determining the total phenolic content, the free radical sequestration method DPPH (1,1-diphenyl-2-picrilhydrazyl radical) in determining the antioxidant activity, High Performance Liquid Chromatography (HPLC) for identification and quantification of bioactive compounds present in extracts and the Infrared Spectroscopy. Data obtained showed that all extracts contain bioactive compounds and present antioxidant activity. The extract which presented the highest antioxidant activity was the Ethanolic/Acetonetic of Passion Fruit Extract (EAPFE), It presented 2,5-dihydroxybenzoic acid and the flavonoid rutin as the main components. The infrared spectra of the EAPFE indicated the presence of bands characteristic of phenolic compounds. Through HPLC it was established a correlation between the bioactive compounds in the EAPFE extract and the antioxidant activity.

Keywords: Yellow Passion Fruit; Antioxidant; 2,5-Dihydroxybenzoic; Rutin

INTRODUÇÃO

Os antioxidantes são compostos capazes de inibir ou retardar o processo de oxidação no organismo, combatendo o envelhecimento precoce e prevenindo doenças (MOKRANI & MADONI, 2016).

Dependendo do local de atuação de um antioxidante e do mecanismo de inibição frente aos radicais livres os mesmos podem ser classificados em primários, sinergistas, removedores de hidrogênio, agentes biológicos, quelantes e mistos (RAWAT et al., 2015). Outra forma de classificar os antioxidantes é conforme a origem, em sintéticos, como o TBHQ (terc-butil hidroquinona), BHT (butil-hidroxitolueno), BHA (butil-hidroxi-anisol) e PG (3,4,5-tri-hidroxibenzoato de propila) e naturais, como os tocoferóis e ácidos fenólicos (GARCIA et al., (2017).

Os antioxidantes naturais vem ganhando destaque atualmente devido seus efeitos terapêuticos, serem renováveis e menos poluentes (SUVEGES & SILVA, 2014).

Nas plantas já foram identificados mais de 8 mil compostos fenólicos, como os flavonóides, antocianinas e catequinas, e não-flavonoides, como os ácidos hidroxicinâmico e hidroxibenzoico (SILVA et al., 2010).

Pertencente à espécie *Passiflora edulis*, da família das *Passifloraceae* e do gênero *Passiflora*, o maracujá, conhecido popularmente como maracujá-amarelo, é uma das espécies mais cultivadas e consumidas no Brasil (SOARES et al., 2015). A boa adaptação do maracujá às condições do meio, a exemplo do clima, relevo, temperatura, tipo de solo e umidade do ar coloca o Brasil no cenário mundial como um dos maiores produtores de maracujá (LIMA et al., 2017).

O maracujá vem sendo estudado como fonte de antioxidantes, a exemplo dos polifenóis, os quais são capazes de retardar o processo oxidativo (SILVA et al., 2013; CAZARIN et al., 2015). Além disso, os chás e infusões da *Passiflora edulis* podem

apresentar efeitos terapêuticos importantes no organismo e proporcionar benefício para a saúde humana, tais como: efeito sedativo, anticonvulsivante, efeito ansiolítico efeito sobre o sistema nervoso central (LEAL et al., 2016).

Diante desse contexto o objetivo deste trabalho foi obter extratos das folhas de maracujá-amarelo através de solventes de diferentes polaridades, determinar o teor de fenólicos totais, avaliar a atividade antioxidante dos extratos pelo método de DPPH e identificar os compostos bioativos presentes no extrato com maior atividade por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE).

MATERIAIS E MÉTODOS

Obtenção dos extratos

Neste trabalho foram obtidos quatro extratos a partir das folhas de maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* of *Flavicarpa*): Extrato Etanólico de Maracujá (EEM), Extrato Acetônico de Maracujá (EAM), Extrato Etanólico Acetônico de Maracujá (EEAM) e Extrato Hidroalcólico de Maracujá (EHM). Os solventes usados na obtenção dos extratos foram: etanol, acetona e as misturas etanol/acetona na razão 1:1 (v/v) e etanol/água na razão de 80:20 (v/v). Inicialmente as folhas foram coletadas em plantios localizados no município de Cuité-PB, secas em estufa de circulação de ar, marca New Lab NL 82-480, a 50 °C durante 24 h, trituradas em moinho de facas, marca Solab SL – 31 e tamisadas a 60 mesh.

O método utilizado na obtenção dos extratos foi a maceração (RUFINO et. al., 2006) com algumas adaptações (Figura 1). Na extração utilizou-se erlenmeyer de 250 mL, pesando-se inicialmente a massa do pó obtido das folhas de maracujá-amarelo e adicionando-se o volume necessário de solvente. A mistura extrativa foi deixada sob agitação em um Shaker por 3 h a 150 rpm e a temperatura ambiente.

Em seguida, os extratos foram armazenados em frascos âmbar individuais e agitados

manualmente uma vez por dia durante 48 h na ausência de luz e à temperatura ambiente (25 °C). Os extratos obtidos foram filtrados a vácuo, concentrados sob pressão reduzida em evaporador rotativo a 45 °C.

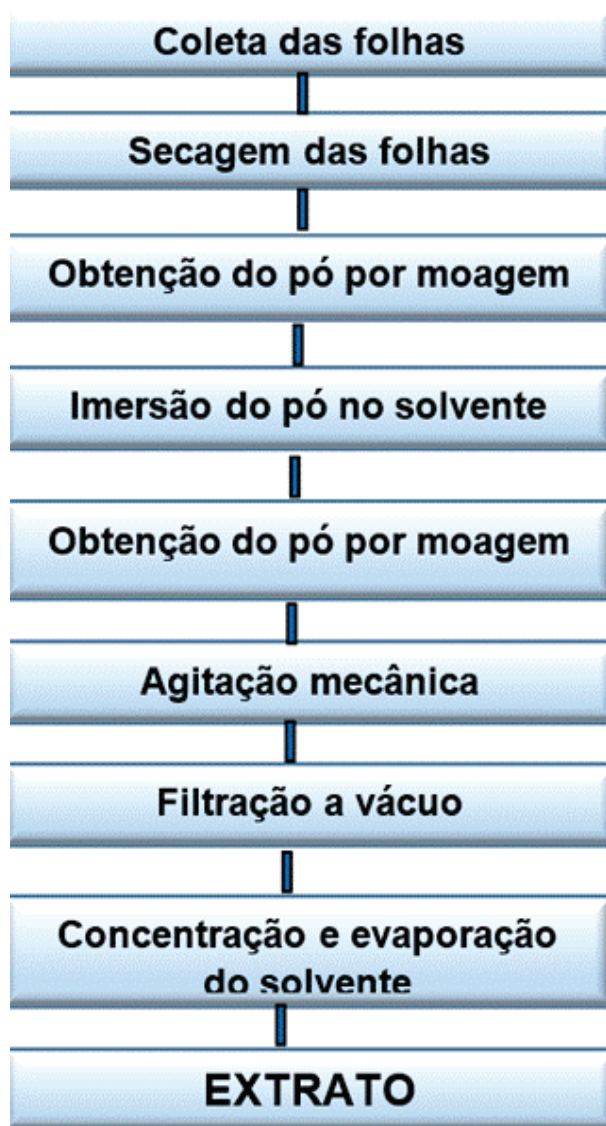


Figura 1 - Fluxograma geral de obtenção dos extratos.

Caracterização dos extratos

A caracterização dos extratos foi realizada em três etapas: Na primeira etapa, objetivando definir o extrato natural de maior potencial antioxidante foram determinados o teor de fenólicos totais e a atividade antioxidante pelo método de sequestro do radical livre DPPH (radical 1,1-difenil-2-picril-hidrazil) dos oito extratos. Na segunda etapa, o extrato de maior potencial antioxidante foi caracterizado por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE) com

o objetivo identificar e quantificar os compostos bioativos, que possivelmente, de forma isolada ou pelo sinergismo entre eles, são os responsáveis por suas atividades antioxidantes. Na última etapa o extrato de maior potencial antioxidante foi caracterizado pela técnica de Espectroscopia de Absorção na Região do Infravermelho.

Determinação do teor de fenólicos totais

O teor de fenólicos totais presentes nos extratos das folhas de maracujá-amarelo foi determinado pelo método espectrofotométrico empregando o reagente de Folin-Ciocalteu (ROSSI; SINGLETON, 1965) com adaptações, em triplicata. Cada extrato foi diluído em etanol em uma concentração de 1,0 mg/mL. Os extratos foram transferidos para tubos de ensaios, adicionando-se em seguida uma alíquota de 300 µL de cada extrato e 60 µL do reagente Folin-Ciocalteu, os quais foram agitados por 60 s. Posteriormente, acrescentou-se aos tubos de ensaio uma alíquota de 2460 µL de água destilada e 180 µL de uma solução de Na₂CO₃ a 15%, sendo novamente agitados por mais 30 s, resultando na concentração final de 100 µg/mL. As misturas obtidas nos tubos de ensaio foram deixadas em repouso a temperatura ambiente por 2 horas, na ausência de luz. Logo em seguida, para quantificar o teor de compostos fenólicos presentes nos extratos, realizou-se a leitura a 760 nm em Espectrofotômetro UV VIS, marca Shimadzu, modelo UV 2550. O ácido gálico foi usado na curva padrão (0,001-0,020 mg/mL em etanol) e os resultados foram expressos em miligrama de equivalente de ácido gálico por grama do extrato seco (mg EAG/g).

Determinação da atividade antioxidante

A atividade antioxidante dos extratos foi determinada segundo a metodologia descrita por Brand-Williams, Cuvelier e Berset (1995), com adaptações. Inicialmente fez-se uma triagem

preliminar adicionando-se às amostras dos extratos das folhas de maracujá e em quantidades apropriadas da solução de DPPH (23,6 µL/mL em EtOH), obtendo-se concentrações finais que variaram de 40 µg/mL a 100 µg/mL. Em seguida, alíquotas da amostra (1,0 mg/mL) foram misturadas com etanol e 2700 µL da solução de DPPH. Para calibrar o espectrofotômetro UV-Vis a 517 nm foi utilizado como branco o álcool etílico. Para efeito comparativo com os antioxidantes obtidos a partir das folhas de maracujá e nim (*Azadiracht indica*) preparou-se também uma solução controle com o sintético TBHQ na concentração de 1,0 mg/mL e avaliou-se sua atividade antioxidante. As amostras dos extratos e o controle foram deixadas em ambiente escuro por 30 min e, logo depois, em um espectrofotômetro UV-Vis, marca Shimadzu, modelo UV2550, foi efetuada a leitura a 517 nm. Todas as análises foram realizadas em triplicata. Uma curva controle utilizando ácido ascórbico foi preparada (0,5-5 µg.mL⁻¹). Os resultados foram expressos através da determinação da % AAT atividade antioxidante total (Equação 1) e do valor da EC₅₀, construindo-se com os valores obtidos um gráfico da % AAT versus a concentração em µg mL⁻¹.

$$\% \text{ AAT} = 100 \times \frac{\text{Abs controle} - \text{Abs amostra}}{\text{Abs controle}} \quad (1)$$

em que:

Abs_{controle} = é a absorbância da solução etanólica do radical DPPH;

Abs_{amostra} = é a absorbância do radical na presença do extrato ou do padrão ácido ascórbico;

% AAT = atividade antioxidante total.

A partir da equação da reta calculou-se o EC₅₀ (concentração mínima necessária para o antioxidante reduzir em 50% o radical DPPH inicial da reação) e substituiu-se o valor de y por 50 para obtenção da concentração da amostra com capacidade de reduzir 50% do DPPH. Quando uma

amostra de um antioxidante apresenta um elevado consumo DPPH, tem-se um baixo valor de EC₅₀, conseqüentemente, uma maior atividade antioxidante na amostra.

Identificação e quantificação dos compostos bioativos presentes no extrato EEAM por CLAE

As análises cromatográficas foram realizadas em Cromatógrafo Shimadzu (Kyoto, Japão), equipado com injetor automático Rheodyne 7125i e detector UV/VIS. As colunas utilizadas foram coluna Shimadzu LC-18 (25 cm x 4,6 mm, 5 µm, da Supelco, Bellefonte, PA) e pré-coluna C-18 ODS Shimadzu. Para a identificação dos compostos fenólicos, as amostras foram eluídas com sistema gradiente que consiste em solvente A (2% ácido acético, v/v) e solvente B (acetonitrila:metanol, 2:1, v/v), utilizados como fases móveis, com um fluxo de 1 mL/min. A temperatura da coluna foi mantida a 25 °C e o volume de injeção foi de 20 µL. O sistema de gradiente iniciou-se a partir de 90% A a 0 min, 88% A em 3 min, 85% A em 6 min, 82% A em 10 min, 80% A em 12 min, 70% A em 15 min, 65% A em 20 min, 60% A em 25 min, 50% A em 30-40 min, 75% A em 42 min e 90% A em 44 min. A corrida cromatográfica total foi de 50 min. Os picos dos compostos fenólicos foram monitorizados a 280 nm. O software LabSolutions (Shimadzu) foi usado para controlar o sistema de LC-UV e de processamento de dados.

Os compostos fenólicos foram identificados por meio da comparação dos tempos de retenção com os padrões de ácidos fenólicos e flavonóides, sendo quantificados em concentrações de mg/mL a partir de curvas de calibração e os cromatogramas foram registrados no software LabSolutions Data System.

Espectroscopia de absorção na região do infravermelho

A análise foi realizada em Espectrofotômetro Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR),

marca Shimadzu, modelo Prestige 21, na região de 4000 a 400 cm^{-1} utilizando o Método de Reflectância Atenuada (ATR).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Teor de fenólicos totais

O teor de fenólicos totais (expresso em equivalente de ácido gálico (GAE) por g de extrato) dos extratos etanólicos, acetônicos, das misturas de solventes etanol/acetona na razão 1:1 (v/v) e das misturas de solventes etanol/água na razão de 80:20 (v/v) obtidos a partir das folhas de maracujá-amarelo estão indicados na Tabela 1.

Tabela 1
Conteúdo de fenólicos totais dos extratos das folhas de maracujá-amarelo.

Extrato	mg GAE/g extrato
EEM	51,46 \pm 0,54
EAM	35,12 \pm 0,41
EHM	58,92 \pm 0,83
EEAM	61,94 \pm 0,65

A análise dos dados da Tabela 1 indica que os valores de fenólicos totais dos quatro extratos variaram de 35,12 (\pm 0,41) a 61,94 (\pm 0,65) mg GAE/g de extrato. O extrato obtido das folhas de maracujá-amarelo usando a mistura etanol:acetona na proporção de 1:1 (EEAM) foi o que apresentou o maior teor de fenólicos totais 61,94 (\pm 0,65) mg GAE/g, enquanto que o extrato obtido das folhas de maracujá utilizando acetona como solvente (EAM) foi o que apresentou o menor teor de fenólicos totais 35,12 (\pm 0,41) mg GAE/g.

Os resultados destacados na tabela 1 mostram também a influência do tipo de solvente usado na

extração dos antioxidantes. Observa-se que a acetona usada isoladamente na extração foi menos eficiente do que o etanol na extração. Além disso, observa-se que o extrato obtido a partir da mistura dos solventes etanol e água (EHM) apresentou o segundo maior teor de fenólicos totais, indicando que ao se misturar etanol e água houve um aumento na polaridade do meio, facilitando o arraste dos compostos polares. O maior teor de fenólicos totais foi evidenciado no extrato EEAM, o qual pode ser explicado pelo aumento da afinidade química da acetona por meios apolares, o que pode ter favorecido o arraste de compostos apolares, como é o caso dos flavonoides.

Em um estudo recente realizado por Silva et al. (2013) o teor de fenólicos totais encontrado no extrato aquoso das folhas de maracujá (*Passiflora edulis*) foi de 8,3 (\pm 0,22) mg GAE/g de extrato. Comparando os valores do conteúdo de fenólicos totais encontrados no referido trabalho com outros estudos descritos na literatura observa-se que o conteúdo de fenólicos totais pode ser afetado por diversos fatores, a citar: tipo de vegetal, tipo de solvente usado na extração, parte do vegetal usada na extração, sazonalidade e o método usado na extração.

Atividade antioxidante pelo método de DPPH

A atividade antioxidante dos extratos obtidos das folhas de maracujá-amarelo foi expressa em EC_{50} ($\mu\text{g mL}^{-1}$), concentração de um antioxidante necessária para reduzir a quantidade inicial do radical DPPH em 50%. A eficiência da atividade antioxidante da amostra esta associada ao valor EC_{50} , pois quanto menor este valor maior será a capacidade antioxidante.

Todos os extratos obtidos das folhas de maracujá-amarelo apresentaram atividade antioxidante capaz de reduzir o radical DPPH, porém com valores de EC_{50} maiores que o valor de EC_{50} do antioxidante sintético TBHQ usado como controle positivo, que foi de 3,47 $\mu\text{g mL}^{-1}$ (Tabela 2).

Tabela 2

Atividade antioxidante do extrato obtido das folhas de maracujá por DPPH.

Extrato ^aDPPH•EC ₅₀ •(µg•mL ⁻¹) ^a
EEM ^a	46,04±0,04 ^a
EAM ^a	61,89±0,49 ^a
EHM ^a	41,00±0,22 ^a
EEAM ^a	37,52±0,09 ^a
TBHQ ^a	3,47±0,09 ^a

Os valores de EC₅₀ determinados pelo método de DPPH mostraram que o extrato que apresentou maior atividade antioxidante foi o extrato EEAM com valor de EC₅₀ de 37,52 (±0,09) µg mL⁻¹. Como o extrato EEAM foi o que apresentou menor EC₅₀ e, conseqüentemente, maior atividade antioxidante identificou-se e quantificou-se por CLAE os componentes bioativos presentes no mesmo.

Objetivado avaliar a capacidade antioxidante dos vegetais Komatsuna, Mizuna, Pok choi, Mitsuba, Salada de espinafre, Alface, Amarantho Vermelho e Amarantho Verde, **khanam et al.** (2012) encontraram valores de EC₅₀ que variaram de 33,07 (± 6,52) µg mL⁻¹ (Salada de espinafre) a 72,16 (± 8,35) µg mL⁻¹ (Pok choi), que são próximos dos valores de EC₅₀ encontrados para os extratos das folhas de maracujá-amarelo no referido estudo.

Shanmugam et al. (2016) investigou as atividades antioxidantes, analgésicas, anti-inflamatórias, antipiréticas dos extratos das folhas de maracujá (*Passiflora Leschenaultii*), observando valores de EC₅₀ que variaram de 29,14 a 105,23 µg mL⁻¹. Os valores de EC₅₀ dos extratos das folhas de maracujá (*Passiflora edulis of.Flavicarpa*) obtidos neste estudo foram próximos dos encontrados na literatura, porém com variações, que podem ser atribuídas ao tipo de solvente usado na extração, a variabilidade da espécie analisada ou até mesmo ao período de coleta da amostra.

Identificação dos compostos bioativos no extrato EEAM por CLAE.

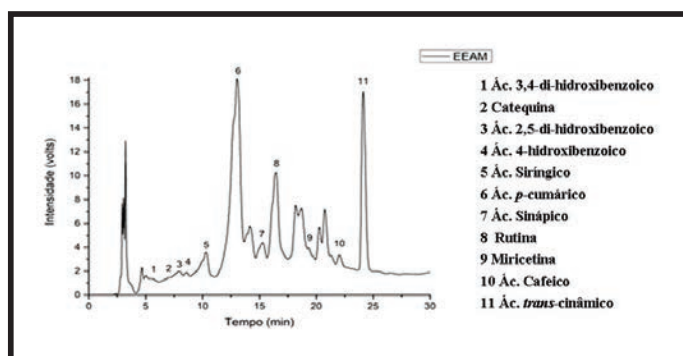
Os compostos majoritários identificados no extrato obtido das folhas de maracujá-amarelo (EEAM) estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3

Compostos bioativos presentes no extrato EEAM (expressos em mg do composto fenólico por 100 g de extrato).

Compostos bioativos	Extrato das folhas de maracujá (EEAM)
Ácidos fenólicos	
Ác. 3,4-di-hidroxibenzoico	12,49
Ác. 4-hidroxibenzoico	74,98
Ác. p-cumárico	512,37
Ác. Siringico	162,46
Ác. Sinápico	287,43
Ác. trans-cinâmico	87,45
Ác. Cafeico	174,96
Ác. 2,5-di-hidroxibenzoico	2624,34
Flavonóides	
Rutina	1512,12
Miricetina	224,94
Catequina	149,96
Total	5823,5

O extrato EEAM apresentou quantidades significativas de ácidos fenólicos e flavonóides. Identificou-se a presença dos seguintes ácidos fenólicos: 3,4 di-hidroxibenzoico, p-cumárico, trans-cinâmico e 2,5-di-hidroxibenzoico, além dos seguintes flavonoides: rutina, miricetina e catequina (Figura 2). Alguns desses compostos apresentam caráter mais polar e outros são mais apolares, indicando que existe uma forte correlação entre esses compostos e a atividade antioxidante do extrato EEAM.

**Figura 2.** Cromatograma do perfil dos compostos bioativos.

Um estudo realizado por Cristo et al. (2016) com o extrato etanólico obtido a partir das folhas de nim (*Azadiracht indica*) identificou-se a presença dos flavonoides rutina, quercetina e catequina. Em nosso estudo também foram identificados no extrato das folhas de maracujá-amarelo esses três flavonoides, corroborando assim com os resultados relatados na literatura para vegetais diferentes.

Através dos dados destacados na Tabela 3 observa-se que os compostos majoritários identificados e quantificados no extrato EEAM foram o ácido 2,5-di-hidroxibenzoico e o flavonoide rutina. Dessa forma, a atividade antioxidante observada para o extrato EEAM pode ser atribuída à presença significativa desses dois compostos bioativos e/ou ao sinergismo entre os diferentes compostos. No extrato EEAM a concentração de 2,5 di-hidroxibenzoico e rutina foram 2624,34 e 1512,12 mg 100 g⁻¹ extrato.

Em um estudo recente realizado por Gomes et al. (2017), observou-se no extrato etanólico das folhas de maracujá-amarelo a presença da rutina, flavonoide que também foi identificado neste trabalho. Já Ayres et al. (2015) identificaram no extrato aquoso das folhas de maracujá amarelo (*P. edulis fo. Flavicarpa*) a presença dos compostos bioativos vicenin-2, isorientina, isovitexina, orientina, vitexina, espinosina e 6,8-di-C-glicosilcrisina, não identificados neste trabalho. A presença dos flavonoides rutina, quercetina e catequina também foram identificados no estudo realizado por Cristo et al. (2016) com o extrato etanólico obtido a partir das folhas de nim (*Azadiracht indica*).

Espectroscopia de absorção na região do infravermelho

O espectro infravermelho do extrato EEAM (Figura 3) apresentou as seguintes bandas de absorção: Banda larga atribuída à deformação axial da hidroxila O-H em 3345 cm⁻¹, que pode ser uma indicação da presença de compostos fenólicos;

banda fina em 885 cm⁻¹ referente a H isolado que pode estar presente em compostos aromáticos; em 2870 cm⁻¹ e 2970 cm⁻¹ atribuídas a deformação axial dos grupos CH₂ e CH₃; bandas de absorção em 1050 cm⁻¹ e 1090 cm⁻¹ referentes a álcoois primários e secundários; em 1273 cm⁻¹ banda característica de fenóis; em 1645 cm⁻¹ deformação axial fraca referente ao grupo C=C de alqueno e banda de absorção em 1450 cm⁻¹ atribuída à deformação axial do anel aromático (SILVERSTEIN; WEBSTER; DAVID, 2012).

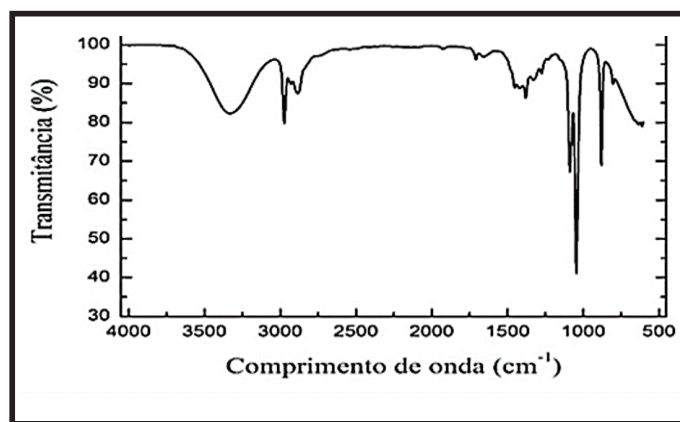


Figura 3 – Espectro infravermelho do extrato EEAM

CONCLUSÕES

Após a realização do estudo observou-se que todos os extratos das folhas de maracujá-amarelo apresentam compostos bioativos em sua composição química, podendo assim ter aplicação direta na preparação de chás e como antioxidantes naturais no retardamento do processo oxidativo de alimentos e biodiesel. Os resultados mostraram que dentre os extratos obtidos o que apresentou maior teor de fenólicos totais e maior atividade antioxidante foi o que utilizou a mistura de solventes etanol e acetona (EEAM). A atividade antioxidante observada nos extratos pode ser atribuída ao efeito isolado dos antioxidantes presentes no extrato, como o ácido 2,5-di-hidroxibenzoico e o flavonoide rutina ou até mesmo ao sinergismo entre os diferentes compostos

bioativos. Verificou-se que a utilização de solventes de diferentes polaridades proporcionou uma variação nos teores de fenólicos totais dos quatro extratos obtidos a partir das folhas de maracujá-amarelo, indicando que a natureza do solvente empregado na extração pode afetar o teor de fenólicos totais. A CLAE indicou que os compostos majoritários presentes no extrato EEAM foram o ácido 2,5-dihidroxibenzoico e o flavonoide rutina, que apresentaram, respectivamente, concentrações de 2624,34 e 1512,12 mg 100 g⁻¹ extrato. O espectro de infravermelho do extrato EEAM apresentou bandas de absorção que indicaram a presença de compostos fenólicos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq e a CAPES pelo apoio concedido.

REFERÊNCIAS

- AYRES A. F. S. J., ARAÚJO L. L. S., SOARES T. C., COSTA G. M., REGINATTO F. H., RAMOS F. A., CASTELLANOS L., SCHENKEL E. P., RACHETTI V. P. S., ZUCOLOTTO S. M., GAVIOLI E. C. Comparative central effects of the aqueous leaf extract of two populations of *Passiflora edulis*. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 25, p. 499-505, 2015.
- BRAND-WILLIAMS W., CUVELIER M. E., BERSET C. O uso de um método de radical livre para avaliar a atividade antioxidante. **LWT - Food Sci. Technol.** V. 28, p. 25-30, 1995.
- CAZARIN C. B. B., SILVA J. K., COLOMEU T. C., BATISTA A. G., MELETTI L. M. M., PASCHOAL J. A. R., JUNIOR S. B., BRAGA P. A. C., REYES F. G. R., AUGUSTO F. Intake of *Passiflora edulis* leaf extract improves antioxidant and anti-inflammatory status in rats with 2,4,6-trinitrobenzenesulphonic acid induced colitis. **Journal of Functional Foods**, v. 17, p. 575-586, 2015.
- CRISTO J. S., MATIAS E. F. F., FIGUEREDO F. G., SANTOS J. F. S., PEREIRA N. L. F., JUNIOR J. G. A. S., AQUINO P. E. A., NOGUEIRA M. N. F., FILHO J. R., CUNHA F. A. B., COSTA M. S. C., CAMPINA F. F., TINTINO S. R., SALGUEIRO C. C. M., COUTINHO H. D. M. HPLC profile and antibiotic-modifying activity of *Azadirachta indica* A. Juss, (Meliaceae). **Industrial Crops and Products**, v. 94, p. 903-908, 2016.
- GARCÍA M., LALAGUNA B. N. G., ARAUZO J., GONZALO A., SÁNCHEZ J. L. Antiodants for biodiesel: Additives prepared from extracted fractions of bio-oil. **Fuel Processing Technology**, v. 156, p. 407-414, 2017.
- GOMES S. V. F., PORTUGAL L. A., ANJOS J. P., JESUS O. N., OLIVEIRA E. J., DAVID J. P., DAVID J. M. Accelerated solvent extraction of phenolic compounds exploiting a Box-Behnken design and quantification of five flavonoids by HPLC-DAD in *Passiflora* species. **Microchemical Journal**, v. 132, p. 28-35, 2017.
- JIA Z., DUMONT M. J., ORSAT V. Encapsulation of phenolic compounds present in plants using protein matrices. **Food Bioscience**, v. 15, p. 87-104, 2016.
- KHANAM U. K. S., OBA S., YANASE E. MURAKAMI Y. Phenolic acids, flavonoids and total antioxidant capacity of selected leafy vegetables. **Journal of Functional Foods**, v. 4, p. 979-987, 2012.
- LEALA. E. B. P., JUNIOR R. G. D. O., OLIVEIRA A. P. D; ALMEIDA J. R. G., JULIANE T. D. L. Atividade ansiolítica e sedativa de espécies do Gênero *Passiflora* – um mapeamento científico e tecnológico. **Cad. Prospec.** Salvador, v.9, n. 3, p. 323-336, 2016.
- LIMAL. K. S., SOARES T. L., SOUZA E. H., JESUS O. N., GIRAEDI E. A. Initial vegetative growth and graft region anatomy of yellow passion fruit on *Passiflora* spp. rootstocks. **Scientia Horticulturae**, v. 215, p. 134-141, 2017.
- MOKRANI A., MADANI K. Effect of solvent, time and temperature on the extraction of phenolic compounds and antioxidant capacity of peach (*Prunus persica* L.) fruit. **Separation and Purification Technology**, v. 162, p. 68-76, 2016.

- RAWAT D. S., JOSHI G., LAMBA B. Y., TIWARI A. K. KUMAR P. The effect of binary antioxidant proportions on antioxidant synergy and oxidation stability of Jatropha and Karanja biodiesels. **Energy**, v. 84, p. 643-655, 2015.
- ROSSI, J.A. J.; SINGLETON, V. L. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, v.16, p.144- 158, 1965.
- RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. S.; BRITO, E. S.; MANCINI FILHO, J.; MOREIRA, A. V. B. Determination of total antioxidant activity in fruit by the method β -caroteno/ácido linoleic. Fortaleza: **Embrapa Agroindústria Tropical**, 2006. 4 p.
- SHAHIDI F., AMBIGAIPALAN P. Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects. **Journal of Functional Foods**, v. 18, p.820-897, 2015.
- SHANMUGAM S., MURUGAIYAN I., LIMA B. S., SERAFINI M. R., ARAÚJO A. A. S., NARAIN N., JÚNIOR L. J. Q., THANGARAJ P. HPLC-DAD-MS identification of polyphenols from *Passiflora leschenaultii* and determination of their antioxidant, analgesic, anti-inflammatory and antipyretic properties. **Arabian Journal of Chemistry**, v. xxx, p. 1-12, 2016.
- SILVA J. K., CAZARIN C. B. B., COLOMEU T. C., BATISTAA. G., MELETTI L. M. M., PASCHOAL J. A. R., JUNIOR S. B., FURLAN M. F., REYES F. G. R., AUGUSTO F., JÚNIOR R. M. R., ZOLLNER R. L. Antioxidant activity of aqueous extract of passion fruit (*Passiflora edulis*) leaves: in vitro and in vivo study. **Food Research International**, v. 53, p. 882-890, 2013.
- SILVA M. L. C., COSTA R. S., SANTANA A. S., KOBLITZ M. G. B. Phenolic compounds, carotenoids and antioxidant activity in plant products. **Seminário: Ciências Agrárias**, v. 31, n. 3, p. 669-682, 2010.
- SILVERSTEIN R. M., WEBSTER F. X., DAVID J. K. **Identificação espectrométrica de compostos orgânicos**, 7^a ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.
- SOARES T. L., JESUS O. N., SOUZA E. H., OLIVEIRAE. J. Reproductive biology and pollen-pistil interactions in *Passiflora* espécies with ornamental potential. **Science Horticulturae**, v. 197, p. 339-349, 2015.
- SUVEGES N. S., SILVA M. L. C. P. Avaliação da estabilidade termo-oxidativa do biodiesel de canola aditivado com extratos naturais. **XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química**, Florianópolis, 2014, p. 1-8.

Natureza elétrica de solutos iônicos e moleculares

Electrical nature of ionic and molecular solutes

Aline Amaral Madeira

*Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
Campus Coração Eucarístico, Belo Horizonte / MG, Brasil
madeira.alineamaral@gmail.com*

Submetido em 18/12/2018; Versão revisada em 29/01/2019; Aceito em 31/01/2019

Resumo

O estudo apresentado neste artigo foi realizado em abordagem às teorias da dissociação eletrolítica e ionização de Svante August Arrhenius (1859-1927) com o intuito de estudar a natureza elétrica de solutos iônicos e moleculares. Para tanto, realizou-se uma análise do comportamento dos solutos ácido acético (CH_3COOH), ácido clorídrico (HCl), hidróxido de amônio (NH_4OH), hidróxido de sódio (NaOH) e sacarose ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$) quanto à condução de corrente elétrica em meio aquoso. A aplicação de conceitos teóricos relativos aos processos de dissolução, dissociação e ionização no que diz respeito à condutividade elétrica dos solutos foi satisfatória, permitindo que o objetivo previsto fosse alcançado.

Palavras-chave: soluto, condutividade elétrica, soluções.

Abstract

The study presented in this article was accomplished in an approach of the theories of electrolytic dissociation and ionization of Svante August Arrhenius (1859-1927) with the purpose to study the electrical nature of ionic and molecular solutes. For this, an analysis of the behavior of the solutes acetic acid (CH_3COOH), hydrochloric acid (HCl), ammonium hydroxide (NH_4OH), sodium hydroxide (NaOH) and sucrose ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$) was accomplished as regards to conduct electric current in aqueous phase. The application of theoretical concepts relational to dissolution, dissociation and ionization processes concerning to electrical conductivity of the solutes was satisfactory, allowing the expected objective to be achieved.

Keywords: solute, electrical conductivity, solutions.

INTRODUÇÃO

Na natureza são encontrados sistemas formados por mais de uma substância, denominados misturas, em detrimento de substâncias puras. As soluções são sistemas homogêneos formados por uma ou mais substâncias dissolvidas (solutos) em outra substância, presente em maior proporção na mistura (solvente). Nos laboratórios e nas indústrias as soluções de sólidos em líquidos são as mais comuns. Nesse tipo de solução, a água é o solvente mais utilizado, sendo conhecida como solvente universal e, essas soluções, são chamadas de soluções aquosas (USBERCO, 2009a; DUARTE, 2014; RHODEN et al., 2016).

Segundo Covre (2000), um dos estudos mais importantes para a explicação das propriedades elétricas das substâncias é a clássica experiência do químico sueco Svante August Arrhenius (1859-1927) sobre a condutibilidade elétrica de uma solução aquosa. Em um recipiente com água, Arrhenius introduziu dois eletrodos ligados aos terminais de um gerador de corrente contínua, intercalando no circuito uma lâmpada de prova. O químico verificou que inicialmente a lâmpada permanecia apagada, mas a partir da adição de solutos, separadamente, observou que o comportamento da lâmpada, por vezes, era alterado. Quando adicionou cloreto de sódio e ácido clorídrico, a lâmpada acendia; já a adição de açúcar a deixava apagada (COVRE, 2000; MARGOTO, 2014).

De acordo com Usberco (2009b), ao testar a condutividade de solutos iônicos e moleculares, Arrhenius formulou a hipótese de que determinadas substâncias, quando dissolvidas em água, eram capazes de originar partículas carregadas: íons positivos (cátions) e íons negativos (ânions). Assim, propôs as teorias da dissociação eletrolítica e ionização. Explicando que a dissolução de solutos iônicos em água culminava na separação dos íons existentes no composto e que a condução de corrente elétrica pela solução de compostos

moleculares dava-se por íons gerados por meio da quebra das moléculas do soluto pela água, originando uma solução iônica por um processo denominado ionização (USBERCO, 2009b; SOUZA e SILVA, 2018).

A condutividade elétrica é um importante parâmetro aplicado em tecnologias como a eletrocoagulação. Este processo eletroquímico tem sido usado há várias décadas para a remoção de poluentes de águas residuais de diversos setores industriais. Baseia-se na passagem de corrente elétrica através do meio aquoso a ser tratado, promovendo a desestabilização de partículas emulsionadas, suspensas ou dissolvidas, permitindo a sua remoção por algum método de separação secundário. Estudos reportam a aplicação da tecnologia na indústria têxtil (FLECK, TAVARES e EYNG, 2013), indústria de laticínios (GERALDINO et al., 2015; RUIZ, 2012; VALENTE, MENDONÇA e PEREIRA, 2015), indústria de beneficiamento de pescados (JOÃO et al., 2018), indústria automotiva (MARTÍNEZ, SILVA e HURTADO, 2013), entre outras.

Nas indústrias eletrolíticas, é a passagem de corrente elétrica em solução que possibilita a produção de diversos metais a partir dos estados encontrados na natureza, por eletrólise. A eletrólise possui muitas aplicações na indústria química, como na produção de sódio, magnésio, potássio, alumínio, cloro, flúor, hidróxido de sódio e peróxido de hidrogênio. Já nas indústrias eletrotérmicas, a corrente elétrica que passa nos fornos elétricos, permite a fabricação de produtos a partir de elevadas temperaturas das mais diversas aplicações industriais (FRANÇA, 2019).

O ácido acético (CH_3COOH) é um dos ácidos carboxílicos mais utilizados e importantes do mundo. Sua ampla gama de aplicações inclui seu uso como matéria-prima na produção de polímeros derivados de acetato de vinila, ácido tereftálico purificado e ésteres de anidrido acético e acetato, e como solvente na produção de acetato de celulose e

na fabricação de produtos farmacêuticos (GARCÍA e CABALLERO, 2011; IJMKER et al., 2014). Sua demanda no mercado global foi de 13 milhões de toneladas em 2015 e está prevista para atingir 18 milhões de toneladas até 2020 (PAL e NAYAK, 2017).

O ácido clorídrico (HCl) possui importância primordial na indústria. Sua produção mundial é estimada em 20 milhões de toneladas/ano e seus maiores usuários são as indústrias metalúrgicas, químicas, alimentícias e petroleiras. Seu espectro de aplicações inclui seu uso em sínteses orgânicas; na produção do metal magnésio; na decapagem de metais; na elaboração de corantes, tintas e fertilizantes; na fabricação de produtos de limpeza; na indústria de fármacos; no processo de obtenção de cervejas; no refino de óleos, bem como na potabilização de água (TOLENTINO e FOREZI, 2014).

O hidróxido de sódio (NaOH) é um produto essencial para diversas operações industriais e considerado uma das bases mais importantes do mundo, devido sua ação como um álcali forte. Como insumo, aplica-se na fabricação de papel, celulose, alumina e sabões. Também é empregado na extração e refino de petróleo; na fabricação de polímeros; na produção de fármacos; no tratamento de água; na regeneração de resinas de troca iônica; na produção de tecidos; no processamento de metais, na neutralização de efluentes bem como na fabricação de vidro (SILVA, 2012).

O hidróxido de amônio (NH₄OH) é um importante produto químico utilizado na fabricação de dispositivos semicondutores (TAKAHASHI, 2017). Conhecido comercialmente por amoníaco, é muito utilizado na produção de ácido nítrico para a produção de fertilizantes e explosivos, bem como na produção de compostos orgânicos e como gás de refrigeração (FOGAÇA, 2019).

A sacarose (C₁₂H₂₂O₁₁) é um dissacarídeo formado por uma unidade de glicose unida a uma unidade de frutose. É uma *commodity* que influencia a economia de todo o mundo devido ao seu alto valor

comercial. Hoje, é produzido em larga escala por diversos países, principalmente para fins alimentícios. A quantidade de produtos industrializados com sacarose em sua composição é imensa, estando presente em quase todos os alimentos, como refrigerantes, sucos, bolos, biscoitos, tortas, molhos e massas, entre outros. (MANHANI et al., 2014).

Neste contexto, com base na demanda de mercado e importância econômica dos solutos CH₃COOH, HCl, NH₄OH, NaOH e C₁₂H₂₂O₁₁, bem como na ampla gama de aplicações do princípio da passagem de corrente elétrica em solução, o presente trabalho ambiciona realizar uma nova abordagem às teorias da dissociação eletrolítica e ionização, no que diz respeito aos fundamentos que corroboram a hipótese da geração de íons e condução de corrente elétrica pelos mesmos em meio aquoso.

MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia elaborada foi desenvolvida com base em Vianna e Vidigal (2008), bem como em Margoto (2014). Inicialmente, realizou-se o preparo de cinco soluções aquosas de 0,2 mol/L de ácido acético glacial, ácido clorídrico, hidróxido de amônio, hidróxido de sódio e sacarose, empregando reagentes de pureza analítica. As soluções aquosas foram preparadas separadamente em balões volumétricos de 100,0 mL cada e os volumes aferidos com água destilada.

Montou-se um sistema composto por um circuito elétrico com o auxílio de dois eletrodos (fios de cobre (Cu)), um gerador de tensão de dois terminais (pilha) e uma lâmpada incandescente (Figura 1). As soluções aquosas dos solutos iônicos e moleculares preparadas foram transferidas, separadamente, para cinco béqueres de 250 mL cada. Introduziram-se, os eletrodos, separadamente, em cada um dos béqueres que continham previamente as referidas soluções, verificando o

acendimento da lâmpada.

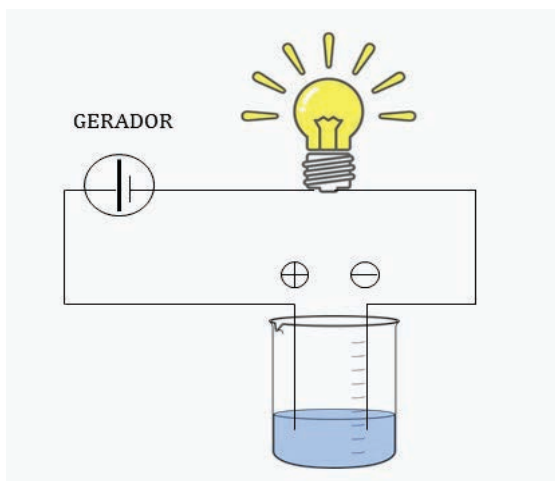


Figura 1: Montagem ilustrativa do circuito elétrico.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os solutos iônicos e moleculares empregados foram avaliados quanto à sua capacidade de permitir a passagem de corrente elétrica. Apesar da dissolução de cada soluto mostrar-se particular, a água, utilizada como solvente na dissolução dos mesmos, conseguiu dissolver tanto o soluto iônico, intrinsecamente polar, como os solutos moleculares polares.

A condutividade elétrica das soluções originou-se mediante a presença de íons livres – átomos eletricamente carregados em constante movimentação, bem como de um somatório de cargas elétricas igual a zero ($\Sigma = 0$). A corrente elétrica provocou aquecimento do filamento da lâmpada incandescente que, por sua vez, emitiu luminosidade característica.

Cada soluto empregado foi classificado quanto à sua capacidade de produzir solução eletrolítica e quanto ao processo de produção de íons. O soluto que, ao dissolvido em água, sua dissolução culminou na separação de seus íons preexistentes, produziu íons pelo processo de dissociação, como foi o caso do hidróxido de sódio. Já os íons gerados a partir dos compostos moleculares (ácido acético, ácido clorídrico e

hidróxido de amônio), por meio da quebra das moléculas do soluto pela água, foram obtidos pelo processo de ionização.

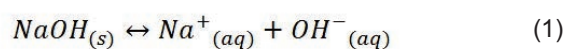
Os solutos hidróxido de sódio e ácido clorídrico foram classificados como eletrólitos fortes, pois ao serem dissolvidos em água produziram soluções eletrolíticas capazes de conduzir corrente elétrica, por dissociação e ionização, respectivamente. Já ácido acético e hidróxido de amônio classificaram-se como eletrólitos fracos, pois apesar de produzirem íons, não conduziram corrente. A sacarose foi classificada como não eletrólito por mostrar-se inapta na produção de íons, seja por dissociação ou ionização. A Tabela 1 sintetiza os resultados obtidos.

Tabela 1

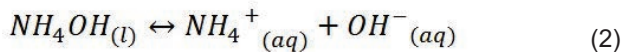
Comportamento dos solutos empregados quanto à condução de corrente elétrica em solução aquosa

Soluto	Fórmula química	Classificação quanto à produção de solução eletrolítica	Classificação quanto à produção de íons
Ácido acético	CH ₃ COOH	Eletrólito fraco	Ionização
Ácido clorídrico	HCl	Eletrólito forte	Ionização
Hidróxido de amônio	NH ₄ OH	Eletrólito fraco	Ionização
Hidróxido de sódio	NaOH	Eletrólito forte	Dissociação
Sacarose	C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	Não eletrólito	-

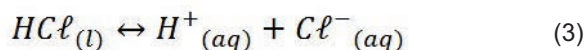
O soluto iônico hidróxido de sódio, formado por íons organizados de maneira sistemática em seu retículo cristalino, solubilizou-se no solvente sofrendo dissociação iônica pela qual, suas moléculas separaram-se em cátion sódio (Na⁺) e ânion hidroxila (OH⁻) (equação 1). O composto sólido dissolveu-se no solvente, mediante quebra de suas ligações iônicas, devido ao processo de interação entre seus íons e os polos positivo e negativo das moléculas de água (H₂O) (solvatação), produzindo a quantidade necessária de íons livres para a condução da corrente elétrica.



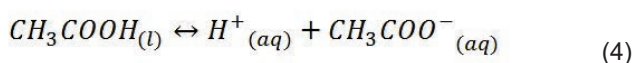
O soluto molecular hidróxido de amônio solubilizou-se em água, mostrando-se como um soluto molecular polar, mas não conduziu corrente elétrica em meio aquoso. Considerado como uma base fraca, ao ser dissolvido em água, o soluto não originou, mediante processo de ionização, íons livres suficientes para a condução de eletricidade (eletrólito fraco). A equação 2 representa o processo de ionização do hidróxido de amônio.



O soluto molecular ácido clorídrico permitiu a passagem de corrente elétrica quando solubilizado em água por processo de ionização dos íons hidrogênio (H^+) e cloreto (Cl^-) (equação 3). Com alto grau de ionização, o ácido forte dissolveu-se gerando íons livres suficientes para a condução da corrente elétrica.



O soluto molecular ácido acético solubilizou-se em meio aquoso, mostrando-se como um soluto molecular polar, mas não conduziu corrente elétrica em meio aquoso. Por ser um ácido com baixo grau de ionização, ao ser dissolvido em água, o ácido fraco não originou em quantidade satisfatória íons livres para a passagem de corrente (eletrólito fraco). A equação 4 representa o processo de ionização do ácido acético.



A solução aquosa de sacarose não permitiu a passagem de corrente elétrica, uma vez que o processo de dissolução não gerou íons livres em solução, por nenhum dos processos de dissociação e ionização (não eletrólito). Ao dissolver-se em água, o

soluto molecular não se mostrou capaz de produzir uma solução iônica, mas uma solução molecular.

CONCLUSÕES

Em uma contextualização das teorias da dissociação eletrolítica e ionização de Svante Arrhenius, o objetivo do estudo da natureza elétrica de solutos iônicos e moleculares previsto para o artigo foi satisfatoriamente atingido. Além da assimilação de experiências e do aperfeiçoamento da capacidade de lidar com problemas experimentalmente, aplicaram-se conceitos teóricos relativos aos processos de dissolução, dissociação e ionização no que tange à condução de corrente elétrica em meio aquoso.

REFERÊNCIAS

- COVRE, Geraldo José. **Química: o homem e a natureza**. São Paulo: FTD, 2000.
- DUARTE, Hélio A. Água: uma visão integrada. **Química Nova na Escola**, s.l., v. 8, s/n., p. 4-8, 2014. Disponível em: <<http://qnesc.s bq.org.br/online/cadernos/08/03-CTN1.pdf>>. Acesso em: 18 dez. 2018.
- FLECK, Leandro; TAVARES, Maria Hermínia Ferreira; EYNG, Eduardo. Utilização da técnica de eletrofloculação para o tratamento de efluentes têxteis: uma revisão. **Revista Eixo**, Brasília, v. 2, n. 2, p. 27 - 36, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.19123/eixo.v2i2.107>>. Acesso em: 27 jan. 2019.
- FRANÇA, Aline. **Tecnologia de processos inorgânicos**. S.l.: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2019.
- FOGAÇA, Jennifer Rocha Vargas. **Principais bases**. Mundo Educação. Disponível em: <<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/quimica/principais-bases.htm>>. Acesso em: 28 jan. 2019.
- GARCÍA, N.; CABALLERO, J. A., Economic and environmental assessment of alternatives to the

extraction of acetic acid from water. **Industrial & Engineering Chemistry Research**, s.l., v. 50, s/n., p. 10717-10729, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1021/ie201064x>>. Acesso em: 27 jan. 2019.

GERALDINO, Henrique Cesar Lopes; SIMIONATO, Julliana Izabelle; FREITAS, Thabata Karoliny Formicoli de Souza; GARCIA, Juliana Carla; CARVALHO JR, Orlando de; CORRER, Caryna Januario. Efficiency and operating cost of electrocoagulation system applied to the treatment of dairy industry wastewater. **Acta Scientiarum Technology**, s.l., v. 37, n. 3, p. 401-4098, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4025/actascitechnol.v37i3.26452>>. Acesso em: 27 jan. 2019.

IJMKER, H. M.; GRAMBLICKA, M.; KERSTEN, S. R. A.; VAN DER HAM, A. G. J.; SCHUUR, B. Acetic acid extraction from aqueous solutions using fatty acids. **Separation and Purification Technology**, s.l., v. 125, s/n., p. 256-263, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.seppur.2014.01.050>>. Acesso em: 27 jan. 2019.

JOÃO, Jair J.; EMERICK, Tuane; FILHO, Urias de S.; NISHIHORA, Rafael K. Processo de eletrocoagulação-flotação: investigação dos parâmetros operacionais para o tratamento de águas residuais da indústria de pescados. **Química Nova**, São Paulo, v. 41, n. 2, p 163-168, 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.21577/0100-4042.20170166>>. Acesso em: 27 jan. 2019.

MANHANI, Tatiana Monique; CAMPOS, Maria Valéria M.; DONATI, Fulviane Pimentel; MORENO, Andréia De Haro. Sacarose, suas propriedades e os novos edulcorantes. **Revista Uniara**, s.l., v. 17, n. 1, p.113-125, 2014. Disponível em: <<http://doi/10.25061/2527-2675/ReBraM/2014.v17i1.12>>. Acesso em: 27 jan. 2019.

MARGOTO, Márcia. **Acendeu? Não acendeu? Por quê?** [S.l.]: USP, 2014. Disponível em: <[http://www.cdcc.usp.br/maomassa/mostras/2014/T](http://www.cdcc.usp.br/maomassa/mostras/2014/Trabalho%20pdf/5_Acendeu_Nao_Acendeu_Por_Qu)

e.pdf>. Acesso em: 18 dez. 2018.

MARTÍNEZ, Iván Darío Mercado; SILVA, Germán González; HURTADO, Sergio Humberto Valencia. Remoción de níquel y DQO presentes en las aguas residuales de la industria automotriz mediante electrocoagulación. **Revista EIA**, Medellín, v. 10, n. 19, p.13-21, 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.org.co/pdf/eia/n19/n19a02.pdf>>. Acesso em: 27 jan. 2019.

PAL, P.; NAYAK, J. Acetic acid production and purification: critical review towards process intensification. **Separation & Purification Reviews**, s.l., v. 46, n. 1, p. 44–61, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/15422119.2016.1185017>>. Acesso em: 27 jan. 2019.

PERUZZO, Tito Miraguaia; CANTO, Eduardo Leite. **Química: na abordagem do cotidiano**. 1ª ed.. São Paulo: Moderna, 1993.

RHODEN, Anderson Clayton; FELDMANN, Neuri Antonio; MUHL, Fabiana Raquel; RITTER, Ariel Fernando Schoenhals; MOREIRA, Adriano. A importância da água e da gestão dos recursos hídricos. **Ciências agroveterinárias e alimentos**, s.l., v. 1, s/n., p. 91-108, 2016. Disponível em: <<http://revista.faifaculdades.edu.br/index.php/cava/article/view/196>>. Acesso em: 18 dez. 2018.

ROCHA, Wilson Sérgio de Araújo. **Construção, aplicação e avaliação de um kit de experimentos para o ensino de eletrólitos**. 2014. 128 f. Dissertação (Mestrado profissional em Química) Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2014. Disponível em: <<https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/6657/5835.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 18 dez. 2018.

RUIZ, Álvaro Arango. Efectos del pH y la conductividad en la electrocoagulación de aguas residuales de la industria láctea. **Producción Más Limpia**, s.l., v. 7, n. 1, p. 59-67, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v7n1/v7n1a06.pdf>>. Acesso em: 21 jan. 2019.

SILVA, Illana Muniz Canto Brum da. Hidróxido de

de Sódio (CAS No. 1310-73-2). **Revista Virtual de Química**, s.l., v. 4, n. 1, p. 73-82, 2012. Disponível em: <<http://doi/10.5935/1984-6835.20120005>>. Acesso em: 27 jan. 2019.

SOUZA, Cleuzane R.; SILVA, Fernando C.. Discutindo o contexto das definições de ácido e base. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 40, n. 1, p. 14 - 18, 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160099>>. Acesso em: 18 dez. 2018.

USBERCO, João; SALVADOR, Edgard. Química: físico-química. 2ª ed.. São Paulo: Saraiva, 2009a.

TAKAHASHI, Junichi. **Direct measurement of metallic impurities in 20% ammonium hydroxide**

by 7700s/7900 ICP-MS. S.l.: Agilent Technologies Inc., 2017. Disponível em: <https://www.agilent.com/cs/library/applications/599-7914EN_AppNote_7700s_AmmoniumHydroxide.pdf>. Acesso em: 28 jan. 2019.

TOLENTINO, Nathalia M. C.; FOREZI, Luana S. M. Ácido Clorídrico (CAS No. 7647-01-0). **Revista Virtual de Química**, s.l., v. 6, n. 4, p. 1130-1138, 2014. Disponível em: <<http://rvq.s bq.org.br/imagebank/pdf/v6n4a23.pdf>>. Acesso em: 27 jan. 2019.

USBERCO, João; SALVADOR, Edgard. **Química: química geral**. 2ª ed.. São Paulo: Saraiva, 2009b.

Matérias-primas Renováveis para a Produção de Biodiesel

Renewable Raw Materials for Biodiesel Production

**Adriana K. Goulart¹, Ana Karolina M. Figueiredo^{1,2}, Aline M. S. Costa¹, Donato Aranda¹,
Kátia F. Oliveira^{1,3}, Lizeth Y. A. Jaramilo¹, Silmara Furtado¹, Peter R. Seidl¹**

1. Escola de Química da UFRJ, Cidade Universitária, Rio de Janeiro – RJ

2. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), Rio de Janeiro – RJ

3. CEFET/RJ, Rio de Janeiro – RJ

Submetido em 21/01/2019; Versão revisada em 01/02/2019; Aceito em 05/02/2019

Resumo

O rápido crescimento da demanda global de energia e das emissões de CO₂ com o uso de combustíveis fósseis têm impulsionado a busca pela diversificação de fontes alternativas renováveis que geram menor impacto ambiental, maior economia e rendimento. Este artigo revisa potenciais biomassas para a produção de biodiesel: Oleaginosas, Gás de Síntese e Algas. Serão discutidas as características físico-químicas e suas influências no desenvolvimento de tecnologias para a conversão ao Biodiesel, além de ações para minimizar a formação de resíduos nessa cadeia de produção, tornando-a cada vez mais sustentável.

Palavras-chave: biodiesel; matérias-primas renováveis; biomassa

Abstract

The rapid growth in global energy demand and CO₂ emissions from the use of fossil fuels has driven the search for diversification of alternative renewable sources that generate less environmental impact, greater economy and income. This article reviews potential biomasses for the production of biodiesel: Oilseeds, Synthesis Gas and Algae. The physico-chemical properties and their influence on the development of technologies for conversion to Biodiesel will be discussed, as well as actions to minimize the formation of residues in this production chain, making it increasingly sustainable.

Keywords: biodiesel; renewable raw materials; biomass

primeira oleaginosa é mais estável à oxidação. A ANP (EN 14112) estabelece que, durante o teste de aceleração de oxidação, 8h seja o período mínimo de estabilidade do B100 à 110°C. Sem a inclusão de aditivos, o biodiesel da soja tem menor tempo de estabilidade à oxidação (0,6h) do que o de sebo bovino (6,7h), por exemplo.

Para retardar tal reação, adicionam-se antioxidantes que sejam: compatíveis com o produto final (não altera cor e odor), eficientes em baixas concentrações, atóxicos, de fácil aplicação e estáveis nas condições de processo/armazenamento. A armazenagem também deve ser adequada, sem a presença de oxigênio, exposição direta à luz, altas temperaturas e o contato com pró-oxidantes naturais (como metais, clorofila, enzimas e microrganismos) (STAVINOHA, et al., 1999; BERSET et al., 1996).

O óleo de palma, por sua vez, possui maior ponto de solidificação. Isso significa que em baixas temperaturas formam-se facilmente ceras e cristais no biodiesel. Esses sólidos podem entupir o filtro das máquinas, além de interromper o fluxo de combustível e o sistema de alimentação do motor, devido ao aumento da viscosidade (BIOCOMBUSTÍVEIS, 2016).

Pré-aquecer o óleo melhora a fluidez do biodiesel em baixas temperaturas. Outra opção é introduzir processos de filtragem "*Winterization*" para remover os ésteres alquílicos de ácidos graxos saturados que tenham alta temperatura de cristalização. Aditivos também podem ser adicionados para enfraquecer as interações entre esses compostos, logo a formação dos cristais (BIOCOMBUSTÍVEIS, 2016).

Somente 20% do óleo extraído da mamona pode ser usado para produzir biodiesel, mesmo tendo alto teor de ácidos graxos e elevada estabilidade. Seu óleo possui uma viscosidade 10 vezes superior aos demais vegetais, devido às hidroxilas na cadeia do ácido ricinoléico. A alta viscosidade interfere no sistema de injeção e na combustão dos motores diesel (FILHO, 2005).

PRODUÇÃO DE BODIESEL A PARTIR DE REAÇÕES DE TRANSESTERIFICAÇÃO

Na reação de transesterificação, representada na Figura 02, os triglicerídeos presentes em óleos vegetais ou gorduras animais são transformados em moléculas menores de ésteres alquílicos de ácidos graxos de cadeia longa, (o biodiesel) a partir de um álcool primário (metanol ou etanol) e um catalisador básico, ácido ou enzimático, homogêneo ou heterogêneo (CORDEIRO et al., 2011).

As especificações do biodiesel B100 seguem a RESOLUÇÃO ANP Nº 45, 2014. O combustível pode atuar como substituto ou aditivo do diesel de petróleo, pois apresenta igual desempenho e não exige modificações nos motores.

São mais empregados os catalisadores homogêneos de metilato de sódio (NaOCH_3), hidróxido de sódio (NaOH), seguido de hidróxido de potássio (KOH), por serem econômicos e apresentarem uma velocidade da reação 4 mil vezes mais rápida do que os catalisadores ácidos (CORDEIRO et al., 2011). As resoluções PR EN 14108 e 14109 da ANP estabelecem que a quantidade máxima de sódio e potássio no B100 devem ser de 10 mg/kg. Em geral, utiliza-se cerca de 0,5% de catalisador em relação ao peso do óleo.

A fim de evitar perdas de rendimento e o uso excessivo de catalisador com as reações de saponificação, os óleos vegetais devem conter no máximo 1% de ácido graxo livre. Acima de 1%, deve-se realizar algum tipo de refino ou uma reação de esterificação antes da transesterificação. Nessa, ácidos graxos livres são convertidos em ésteres alquílicos, na presença de catalisadores homogêneos ácidos. Além disso, o meio deve possuir baixo teor de umidade. A água desloca o equilíbrio químico em favor da hidrólise do alcóxido e induz a hidrólise dos monoésteres produzidos, aumentando a formação de emulsões e reduzindo o rendimento do processo (GERPEN, 2005; GAN et al., 2010; PEREIRA et al., 2004).

Catalisadores heterogêneos possuem as seguintes vantagens: maior estabilidade nas condições operacionais, rendimento, resistência térmica e mecânica, elevadas atividade e seletividade e fácil separação do produto final, assim a glicerina e o catalisador sólido podem ser reciclados, gerando menos efluentes. São exemplos: zeólitas, óxidos sulfatados, óxidos e sais inorgânicos, compostos de coordenação e líquidos iônicos, resinas trocadoras de íons, ácidos e bases orgânicos e materiais lamelares. Esse último inclui os hidroxissais lamelares (HSLs), os carboxilatos lamelares, os hidróxidos duplos lamelares (HDLs) e os óxidos estruturados (LDOs) oriundos da calcinação controlada de HDLs (CORDEIRO et al., 2011).

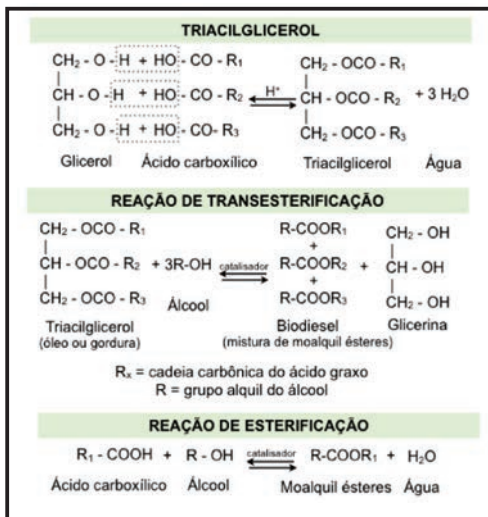


Figura 2: Processos de Conversão Catalítica

GLICERINA

Cerca de 10% do volume total de biodiesel gerado é glicerina bruta. O processo de transesterificação é responsável pela produção global de mais de 65% da glicerina bruta no mundo. Em 2016, a indústria nacional gerou 3,8 milhões de m³ de biodiesel (51,3% da capacidade total) e 341,9 mil m³ de glicerina como subproduto. Estima-se para 2020 uma oferta de 0,263 bilhões kg glicerina (TAN et al., 2013; BABAJIDE, 2013).

Nos últimos dez anos, a superprodução da glicerina bruta derrubou os preços do glicerol

(GARGALO et al., 2016; MARX, 2016). De forma geral, sua composição contém cerca de 75-80% de glicerol e impurezas como água, sais, ésteres, álcool e óleo residual, o que a torna imprópria para a maioria das aplicações nas indústrias farmacêutica e cosmética (ANITHA et al., 2016; LUO et al., 2016).

Assim, torna-se necessário desenvolver processos para a purificação e aproveitamento direto da glicerina bruta (LUO et al., 2013; BABAJIDE, 2013; KONG et al., 2016). Algumas propostas incluem: a transformação termoquímica/biológica em diversos produtos químicos, combustíveis ou ração animal; o tratamento de águas residuárias, a fermentação e a biorremediação (YANG et al., 2012; VASCONCELOS et al., 2013; VALERIO et al., 2015; SIVASANKARAN, et al., 2016). Com o aproveitamento e a valorização da glicerina bruta seria possível reduzir 25% dos custos de produção de biodiesel (AYOUB e ABDULLAH, 2012).

PRODUÇÃO DE BODIESEL A PARTIR DO GÁS DE SÍNTESE

Gás de síntese (GS) é produzido pela gaseificação ou reforma das matérias-primas apresentadas na Figura 03. A reação de Fischer-Tropsch (FT) converte o GS em parafinas lineares e pequenas quantidades de olefinas e oxigenados. Ocorre na presença de catalisadores de ferro ou cobalto, entre 200 e 300°C e pressões moderadas (10 a 40 bar). Os catalisadores de cobalto apresentam maior eficiência e menor produção de gases (metano e etano) (ALMEIDA et al., 2003; SILVA et al., 2004).

O hidrotreamento é composto pelos processos de hidrogenação e hidrocrackeamento (HCC) da cera gerada na reação de FT. Utilizam condições não muito severas para a produção de nafta, diesel e outra infinidade de produtos e combustíveis de maior valor agregado e isentos de enxofre e aromáticos. As diferenças de temperatura, pressão, tipo/composição de catalisador, e proporções de H₂(g)/CO(g) no gás

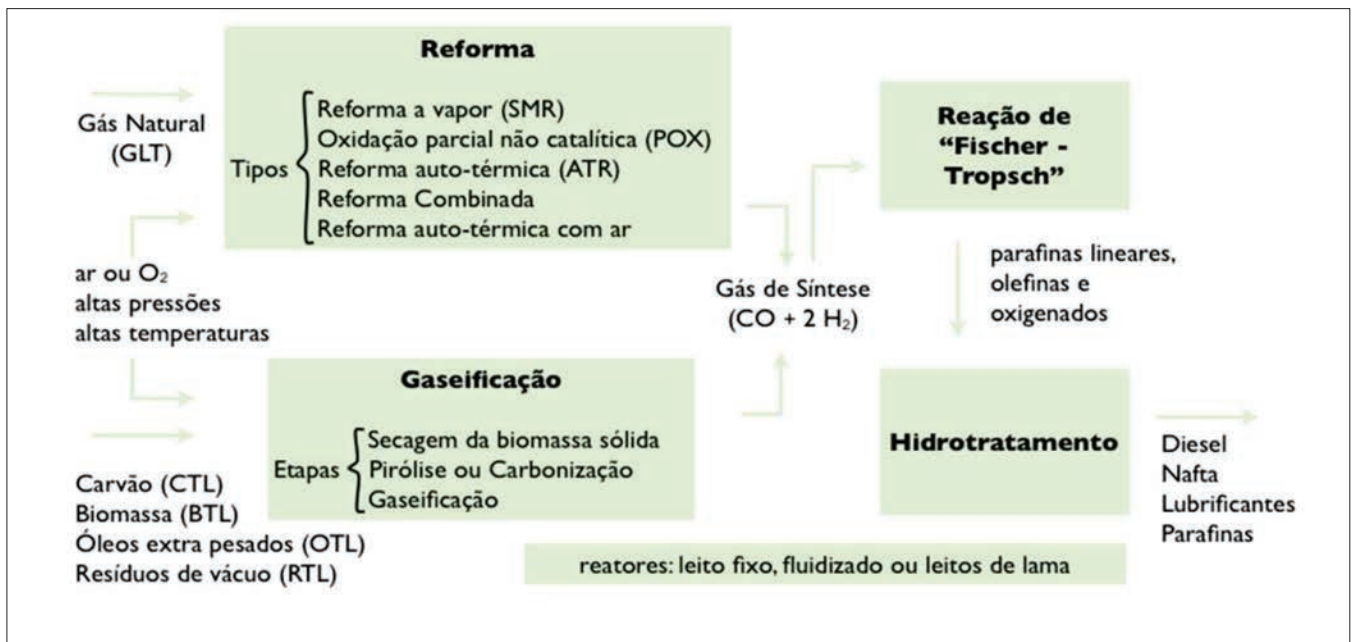


Figura 3: Processos de Conversão Térmica

de síntese é que definem o produto final. Os compostos na faixa do diesel oriundos de FT ou Hidrotratamento são mais comumente chamados de “diesel renovável” ou “diesel verde” (ALMEIDA et al., 2003).

PRODUÇÃO DE BIODIESEL A PARTIR DE ALGAS

A estrutura unicelular das algas permite a fácil conversão da energia solar em energia química. Essa conversão bioquímica tem sido aproveitada comercialmente para produzir biomassa de microalgas e, conseqüentemente, produtos de aplicação comercial, tais como: o tratamento de emissões diversas e biocombustíveis (biodiesel, bioquerosene e etanol), bioplásticos, pigmentos, fármacos, cosméticos, formulações nutricionais infantis, bebidas, suplementos dietéticos e suplementação proteica para a alimentação humana e aquicultura. A produção por hectare dessa matéria-prima, por exemplo, pode chegar a dez toneladas de óleo, o que vem a ser uma grande vantagem em relação à soja (CARDOSO et al., 2011; COLLARES, 2016).

Entretanto, a viabilidade econômica do cultivo

em larga escala de microalgas ainda não é competitiva em relação aos equivalentes fósseis. Os desafios tecnológicos consistem no melhoramento genético de cepas, no desenvolvimento de métodos eficientes de cultivo, no controle de pragas, na otimização dos processos de colheita e no incentivo de parcerias entre instituições públicas e privadas (BRASIL e GARCIA, 2016).

Atualmente, os produtos derivados de algas são produzidos em pequena e média escalas. Uma vertente é a geração de microalgas (5-50 µm) cujas células possuem uma composição bioquímica diversificada (carboidratos, proteínas, lipídios, ácidos graxos, cinzas, umidade e outros componentes minoritários).

As técnicas de cultivo de microalgas mais utilizadas atualmente são as lagoas aeradas abertas e os fotobiorreatores fechados, a depender das características do local de cultivo, a espécie utilizada, a quantidade de luz necessária e o processo de recuperação da biomassa do meio de cultura (centrifugação, floculação e filtração) que se pretende utilizar (CARDOSO et al., 2011; SCHERER et al., 2016).

Visando superar esses gargalos,

investimentos consideráveis e crescentes em pesquisa e plantas industriais demonstrativas (pré-comerciais) têm sido realizados em diversos países, incluindo o Brasil. Em 2016, o Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicações (MCTIC) investiu cerca de 26 milhões de reais em pesquisas com microalgas (Figura 4) em universidades brasileiras.

Um dos destaques é a *joint venture* entre a Bunge e a empresa americana TerraVia, que investiu US\$120 milhões na construção de uma planta comercial na cidade de Orindiúva em São Paulo. A expectativa é que a produção de microalgas no mundo continue a crescer nos próximos anos, levando à ampliação de escala dessa indústria e à superação dos gargalos atuais (BRASIL e GARCIA, 2016).



Figura 4: Cultivo de microalgas no Greentec Lab/UFRJ

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, E., Dunham, F., Bomtempo, J. V. e Bicalho, R.. **Processos de Produção de Combustíveis Sintéticos: Análise das Trajetórias Tecnológicas**. 2º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo & Gás, Rio de Janeiro, Junho 2003.

ANITHA, M.; KAMARUDIN, S.K.; KOFLI, N.T. The potential of glycerol as a value-added commodity.

Chemical Engineering Journal, v. 295, p.119-130, 2016.

ANP – AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis**, 2017. CDD 338.2728021, ISSN 1983-5884. Rio de Janeiro, 2017.

AYOUB, M.; ABDULLAH, A.Z. Critical review on the current scenario and significance of crude glycerol resulting from biodiesel industry towards more sustainable renewable energy industry. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, n.16, p.2671-2686, 2012.

BABAJIDE, O. Sustaining biodiesel production via value-added applications of glycerol. **Journal Energy**, v.2013, p.1–7, 2013.

BERSET, Claudette; CUVÉLIER, Marie-Elisabeth. Revue: méthodes d'évaluation du degré d'oxydation des lipides et mesure du pouvoir antioxydant. **Sciences des aliments**, v. 16, p. 219-245, 1996.

BIOCOMBUSTÍVEIS. **Notas de aula**. Pós-graduação em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos (EPQB), Escola de Química, UFRJ, Rio de Janeiro, 2016.

BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Anuário estatístico e agroenergia 2014. Brasília. 2015.

BRASIL, B. S. A. F.; GARCIA, L. C. Microalgas: alternativas promissoras para a indústria. **Agroenergia em Revista**. 10ª edição. Brasília, DF: Embrapa Agroenergia, 2016. p. 6-11.

CARDOSO, A. S.; VIEIRA, G. E. G.; MARQUES, A. K. O uso de microalgas para a obtenção de biocombustíveis. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 9, n. 4, p. 542-549, 2011.

COLLARES, D. Aposta na pesquisa com microalgas. **Agroenergia em Revista**. 10ª edição. Brasília, DF: **Embrapa Agroenergia**, 2016. p. 4-5.

CORDEIRO, Claudiney Soares et al. Catalisadores heterogêneos para a produção de monoésteres graxos (biodiesel). **Química nova**, v. 34, n. 3, p. 477-486, 2011.

- DEMAN, J. M.; DEMAN, L. Automated AOM test for fat stability. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 61, p. 534-536, 1984.
- FILHO, A.S. MAMONA Tecnologia Agrícola. Campinas: EMOPI, 2005. 105p.
- GAN, S. et al. Ferric Sulphate catalysed esterification on free fatty acids in waste cooking oil. **Bioresource Technology**, Essex, v. 101, n.10. p.7338-7343, Oct. 2010.
- GARGALO, C.L.; CHEALI, P.; POSADA, J. A.; CARVALHO, A.; GERNAEY, K. V.; SIN, G. Assessing the environmental sustainability of early stage design for bioprocesses under uncertainties: An analysis of glycerol bioconversion. **Journal of Cleaner Production**, v.139, p.1245-1260, 2016.
- GERPEN, J. van. Biodiesel processing and production. **Fuel Processing Technology**. Amsterdam, v. 86, n.2, p. 1097-1107, 2005.
- KONG, P. S.; AROUAN, M. K.; DAUD, W. M. A. W. Conversion of crude and pure glycerol into derivatives: A feasibility evaluation. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.63, p.533-555, 2016.
- LUO, X.; GE, X.; CUI, S.; LI, Y. Value-added processing of crude glycerol into chemicals and polymers. **Bioresource Technology**, v.215, p. 144-154, 2016.
- LUO, X., HU, S., ZHANG, X., LI, Y. Thermochemical conversion of crude glycerol to biopolyols for the production of polyurethane foams. **Bioresource Technology**, v.139, p.323-329, 2013.
- MARX, S. Glycerol-free biodiesel production through transesterification: a review. **Fuel Processing Technology**, v.151, p.139-147, 2016.
- PEREIRA, Amália Luz Costa. **Efeito das condições de preparação sobre as propriedades do óxido de zircônio sulfatado contendo ferro**. 2004. 119 p. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2004.
- PEREIRA, C.M.P.; HOBUSS, C.B.; MACIEL, J.V.; FERREIRA, L.R.; DEL PINO, F.B.; MESKO, M.F. Biodiesel renovável derivado de microalgas: avanços e perspectivas tecnológicas. **Química Nova**, v.35, n.10, p.2013-2018, 2012.
- RESOLUÇÃO ANP Nº 7, 2008; Biodiesel Standard, Diário Oficial da União, Brasil.
- SCHERER, M. D.; PEREIRA, M. C.; MARIANO, A. B.; VARGAS, J. V. C. Avaliação da eficiência de flocculação e ambiental: a recuperação da biomassa de microalgas cultivadas em fotobiorreatores compactos industriais. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, v. 5, n. 1, p. 92-118, 2016.
- SILVA, Jadir N.; SOBRINHO, José Cardoso; SAIKI, Emílio T. Utilização de biomassa na secagem de produtos agrícolas via gaseificação com combustão adjacente dos gases produzidos. **Engenharia Agrícola**, v. 24, n. 2, p. 405-411, 2004.
- SIVASANKARAN, Chozhavendhan et al. Recent progress on transforming crude glycerol into high value chemicals: a critical review. **Biofuels**, p. 1-6, 2016.
- STAVINOHA, Leo L.; HOWELL, Steve. Potential analytical methods for stability testing of biodiesel and biodiesel blends. **SAE Technical Paper**, 1999.
- TAN, H.W.; ABDULAZIZ, A.R.; AROUA, M.K. Glycerol production and its applications as a raw material: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, n. 27, p.118-127, 2013.
- VALERIO, O.; HORVATH, T.; POND, C.; MANJUSRI, M.; MOHANTY, A. Improved utilization of crude glycerol from biodiesel industries: synthesis and characterization of sustainable biobased polyesters. **Industrial Crops and Products**, v.78, p.141-7, 2015.
- VASCONCELOS, U.; OLIVEIRA, F. J. S.; FRANÇA, F. P. Raw glycerol as cosubstrate on the PHAs biodegradation in soil. **Canadian Journal of Pure and Applied Sciences**, v. 7, n. 1 p. 2203-2209, 2013.
- YANG, F.X.; HANNA, M.A.; SUN, R.C. Value-added uses crude glycerol, a byproduct of biodiesel production. **Biotechnology for Biofuels**, v.5, p.5-13, 2012.

Óleo de argan: histórico cultural, características e aplicações industriais

Argan oil: cultural history, characteristics and industrial applications

Regina C. A. Lago e Humberto Ribeiro Bizzo

Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro RJ - Brasil

regina.lago@embrapa.br

humberto.bizzo@embrapa.br

Submetido em 12/11/2018; Versão revisada em 22/01/2019; Aceito em 25/02/2019

Resumo

O óleo de argan, uma exclusividade marroquina, vem alcançando alto valor de mercado devido a sua aplicação em produtos cosméticos, sobretudo capilares. Nesta revisão, contempla-se as formas de produção do óleo de argan, incluindo a forma artesanal até hoje usada por comunidades berberes do Marrocos. A qualidade do óleo é vista não somente pela sua composição em ácidos graxos, que não difere da qualidade de outros óleos vegetais de consumo mundial, mas sobretudo pelos componentes minoritários, aos quais se atribui o valor cosmético do óleo, entre os quais sobressai o esterol schottenol. De acordo com a demanda comercial, sobretudo da indústria química, a produção marroquina de óleo de argan, ainda sem concorrente similar, tende a crescer.

Palavras-chave: *Argania spinosa* (L.); schottenol; espinasterol; óleos cosméticos

Abstract

Argan oil, a Moroccan exclusivity, has reached high market value due to its application in cosmetic products, especially those for hair care. In this review, we comment on the forms of production of argan oil, including the artisanal procedure, still used today in Berber communities in Morocco. The quality of the oil is not related solely to its fatty acid composition, not very different from that of other vegetable oils consumed worldwide, but to the minor constituents, which are credited to be responsible for the cosmetic value attributed to the oil, particularly the sterol schottenol. Prompted by commercial demand, mainly from the chemical industry, an increase for the Moroccan production of argan oil is expected, pushed by the absence of similar competitors in the market.

Keywords: *Argania spinosa* (L.); schottenol; spinasterol; cosmetic oils

INTRODUÇÃO

Óleos vegetais como soja, milho, palma, canola, coco, girassol e oliva, são produzidos em grande escala. Seu principal uso é na indústria alimentícia e, alguns deles, mais recentemente, em biocombustíveis. Tais óleos são, em diferentes escalas, produzidos por diversos países.

Por outro lado, encontram-se outros óleos vegetais, produzidos em pequena/média escala, muito valorizados pelo mercado porque exibem características especiais e/ou específicas. Entre estes citam-se o óleo de sementes de uva, castanha-do-brasil, prímula, amêndoas doces, avelãs e nozes. O óleo de argan, produzido unicamente no Marrocos, embora encontre um pequeno uso em alimentos, é essencialmente utilizado na indústria de cosméticos. É um dos óleos de maior valor de mercado. Neste trabalho serão apresentadas as características peculiares do óleo de argan.

Uma busca no *Scifinder* (junho 2018) com a expressão "argan oil" retornou 867 documentos, 607 deles referentes a patentes. Uma busca restrita ao período 2010-2018 retornou mais de 600 documentos, dos quais 577 eram patentes. Este número expressivo, tanto de artigos quanto de patentes, é um bom indicador da relevância do óleo de argan, tanto do ponto de vista de aplicações quanto de maturidade tecnológica, particularmente em cosméticos para a pele e cabelos.

SEMENTES E ÓLEO DE ARGAN

O óleo de argan (ou argão) é extraído dos frutos da argânia, árvore da família Sapotaceae. O gênero *Argania* é monoespecífico, e a única espécie é a *Argania spinosa* (L.) Skeels, endêmica do Marrocos, que cresce exclusivamente nos desertos calcários do sudoeste do país, na região histórica do Souss (Figura 1). De crescimento lento, pode atingir até 10 m de altura e seu ciclo de vida pode chegar a 200 anos (CHARROUF & GUILLAUME, 2008).



Figura 1. Um campo de argânias no Marrocos. (Foto: Regina Lago)

As cabras têm uma relação histórica com esta espécie: elas pastam nos campos de argânia e se alimentam da polpa dos frutos, deixando-os despulpados no solo, de onde podem ser recolhidos para a extração do óleo (Figura 2A). Os produtores locais penduram cabras nas árvores à beira da estrada, buscando aumentar sua renda com as eventuais “contribuições” de turistas (Figura 2B). Caso os frutos sejam coletados a partir das árvores eles serão inicialmente submetidos à secagem.



Figura 2. A) Cesto onde os agricultores (Berberes) recolhem os frutos já despulpados pelas cabras; B) Cabras penduradas às árvores, para atrair turistas. (Fotos: Regina Lago)

Na Cooperativa Feminina Marjana, em Mechouar Kasba, no Marrocos, como em outras similares, as mulheres berberes utilizam o processo tradicional para extrair o óleo de argan (Figura 3). Ou seja, usam pedras para quebrar os frutos, sobre uma base também de pedra. Resultam, além das cascas duras, as amêndoas que, se torradas, fornecem um óleo de cor escura, de uso culinário. Se cruas, as amêndoas fornecem um óleo claro, usado para

elaboração de produtos cosméticos ou comercializado como tal. O preparo das amêndoas para extração do óleo de argan pelas mulheres berberes, no Marrocos, guarda estreita semelhança com o trabalho das quebradoras de coco babaçu, no Maranhão.



Figura 3A e 3B. Quebradoras de frutos de argan. (Foto: Regina Lago)

Com as amêndoas moídas vão formando uma massa com água que é prensada, em moinho de pedra, originando o óleo de argan (Figura 4).



Figura 4. Mulheres berberes prensando a massa de amêndoa para extrair o óleo. (Foto: Regina Lago)

Como relatam Guillaume e Charrouf (2011a), o rendimento em óleo neste processo é de 35% enquanto a introdução de prensas elétricas pode elevar o rendimento para 60%. Ainda assim, trata-se de óleo de argan prensado, a frio.

Os mesmos autores relatam a existência de um terceiro grau de óleo de argan, o cosmético, extraído por solvente orgânico a partir das amêndoas pulverizadas, o qual é usado apenas como ingrediente para a elaboração de xampus e outros produtos cosméticos.

O que faz do óleo de argan um produto de

destaque na indústria de cosméticos, sobretudo voltada para tratamentos capilares? É mais um desses modismos que vão e que passam? Parece não ser este o caso. No Marrocos, há uma preocupação em cuidar dos campos de argânia não só pelos lucros potenciais, ou mesmo atuais, mas pela tradição aliada à proteção da biodiversidade. A tendência, portanto, é que se assista a um aumento da produção do óleo de argan e maior disponibilidade de seus produtos no mercado.

COMPOSIÇÃO DO ÓLEO DE ARGAN

Todo óleo vegetal é formado de uma parte gordurosa (os triacilgliceróis ou triglicerídios) e uma parte chamada insaponificável (porque não se transforma em sabão). Em geral, o insaponificável não é superior a 1% do óleo mas concentra os componentes responsáveis por propriedades nutricionais específicas, enquanto a contribuição calórica é dada pelos triacilgliceróis, formados pelos ácidos graxos.

A composição em ácidos graxos de óleo de argan, qualquer que seja o tipo, aproxima-se da de outros óleos como oliva, milho ou abacate (Tabela 1).

Tabela 1

Principais ácidos graxos formadores dos triacilgliceróis de óleos de argan, oliva, milho e abacate.

Ácido graxo	Óleo de argan ¹	Óleo de oliva ²	Óleo de milho ²	Óleo de abacate ³
C16:0 palmítico	13,0	7,5-20,0	8,6-16,5	25,5
C16:1 palmitoleico	-	0,3-3,5		7,31
C18:0 esteárico	5,5	0,5-5,0	<3,3	<1,00
C18:1 oleico	46,0	55,0-83,0	20,0-42,2	57,90
C18:2 linoleico	35,0	3,5-21,0	34,0-65,6	7,70
C18:3 linolênico	<0,5	<1,5	<2,0	<1,00

¹Guillaume e Charrouf. (2011b); ²Codex Alimentarius (2001); ³Antoniassi et al. (1998).

No entanto, não se pode afirmar que as propriedades diferenciadas do óleo de argan advenham da porção gordurosa, mesmo que se considere uma composição com características benéficas, como o alto teor de ácido oleico, o que confere uma desejada

estabilidade.

Será, então, o material insaponificável do óleo de argan o responsável por tais propriedades, apesar de seu baixo teor?

O óleo de abacate, por exemplo, apresenta substâncias chamadas avocatinas no material insaponificável, consideradas antibióticos naturais (LAGO et al., 2000). Compostos fenólicos estão entre os responsáveis pela qualidade nutricional de óleos de oliva (CARAMIA et al., 2012).

Em geral, fazem parte do material insaponificável diversos grupos de substâncias, como carotenos, tocoferóis (vitamina E), álcoois triterpênicos, compostos fenólicos (antioxidantes) e diversos esteróis. No óleo de argan, a fração insaponificável corresponde a cerca de 1% do óleo (CHARROUF & GUILLAUME, 2008), sendo constituída de carotenoides (37%), tocoferóis (8%), álcoois triterpênicos (20%), esteróis (29%) e xantofilas (5%). De 80 a 90% do total de tocoferóis presentes correspondem ao γ -tocoferol (equivalente à faixa de 6,4 a 7,2% do total de insaponificáveis do óleo), que apresenta o mais intenso efeito antioxidante entre os tocoferóis (CHARROUF & GUILLAUME, 2008).

Notável, no entanto, é que no óleo de argan, quase a metade da fração de esteróis está constituída pelo schottenol (Figura 5). Somado ao espinasterol, estes dois compostos perfazem cerca de 90% do total de esteróis e exibem propriedades anti-inflamatórias e anticancerígenas. Coexistem, ainda, o -7- avenasterol e o estigmastadieno, ressaltando-se que os -7 esteróis são raramente encontrados em óleos vegetais (GUILLAUME & CHARROUF, 2011b; EL MONFALOUTI, 2013). Estes autores salientam que o óleo de argan é, em consequência, antioxidante, antisséptico e fungicida, sendo muito indicado para os cuidados com o cabelo, *agindo profundamente, nutrindo, tonificando e regenerando as fibras capilares*.

Segundo Arisawa et al. (1985) o schottenol (Figura 5) inibe o desenvolvimento celular do

carcinoma nasofaríngeo. Além disso, os -7 esteróis são inibidores da 5-alfa-redutase, permitindo a conversão do hormônio masculino (testosterona) em di-hidrotestosterona (DHT). Este metabólito é particularmente ativo no desenvolvimento e progressão da hipertrofia benigna da próstata (BRAWLEY, 2003).

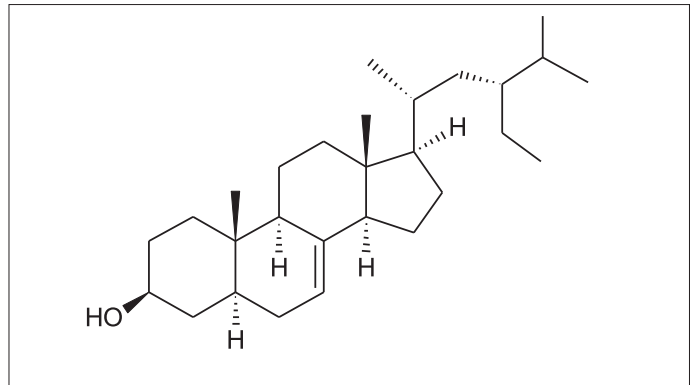


Figura 5. Schottenol isolado de *A. spinosa*.

Encontram-se estudos recentes que buscam comprovar a eficácia dermatológica do óleo de argan através de seus esteróis. Além disso, incluem-se estudos sobre a ação eventual do óleo, ou de seus esteróis, na redução de colesterol no organismo humano (EL KHARRASSI et al., 2014).

Tanto a temperatura de armazenagem quanto o uso de tratamento térmico alteram a composição e a estabilidade oxidativa da emulsão obtida após a prensagem do óleo de argan. Este material contém, em média, 88,1 % de lipídios, 5,9 % de proteínas e cerca de 3,9 % de umidade (ZAABOUL et al., 2018). Em um estudo de 12 dias, utilizando temperaturas de 4, 25 e 37°C, o teor de hidroperóxidos variou significativamente (Tabela 2). A composição da fração lipídica, entretanto, não diferiu significativamente dos óleos de argan comerciais (grau cosmético e grau alimentício) testados.

Os mesmos autores verificaram um aumento da estabilidade oxidativa nas emulsões tratadas termicamente a 95°C antes da armazenagem. Esta observação foi associada à possível inativação, ainda que parcial, das lipoxigenases presentes no óleo bruto (ZAABOUL et al., 2018).

Tabela 2

Varição no teor de hidroperóxidos em emulsão do óleo de argan em função da temperatura e do tempo de armazenagem.

Temperatura (°C)	Tempo (dias)	
	1	12
4	8,5 %	9,4 %
25	14,3 %	18,9 %
37	19,8 %	20,4 %

A estabilidade oxidativa do óleo de argan usado em cosmética foi estudada por períodos mais longos, para determinação de sua vida de prateleira. Verificou-se que uma armazenagem a 40°C era deletéria para o óleo, com rápida perda de qualidade. A 25°C e ao abrigo da luz, entretanto, o óleo manteve-se com qualidade satisfatória por até 12 meses (GHARBY et al., 2014). Os autores, entretanto, recomendam uma armazenagem a 25°C não superior a seis (6) meses, para que a qualidade do óleo atenda aos padrões estabelecidos pela indústria.

Por tratar-se de um produto de alto valor, análises para controle da qualidade, bem como para a detecção de adulterações têm sido avaliadas. O perfil de ácidos graxos, triacilgliceróis e a estabilidade oxidativa foram parâmetros utilizados para avaliar seis (6) amostras de óleo de argan, comparando-as com um padrão autêntico (MOMCHILOVA et al., 2016). Estes autores verificaram a similaridade de cinco (5) dos materiais com o padrão, enquanto que no sexto material, cujo rótulo declarava adição de antioxidantes, observou-se um perfil de esteróis e triacilgliceróis significativamente distinto daquele do padrão.

A espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) foi empregada para classificar 120 amostras de óleo de argan em cinco (5) grupos diferentes, segundo sua origem de produção (Ait-Baha, Agadir, Essaouira, Tiznit e Taroudant). Os perfis dos espectros de infravermelho (*fingerprints*) foram suficientes para discriminar os

óleos segundo sua origem. A técnica é não-destrutiva e dispensa o preparo de amostra, fornecendo uma informação rápida e confiável sobre a origem do produto analisado (KHARBACH et al., 2017).

Com base na literatura de patentes, verifica-se que a grande maioria de aplicações para o óleo de argan é em cosmética, com destaque para composições para tratamento de cabelos, incluindo até redução da queda capilar (SCHWAB, 2018), cremes redutores de rugas (*anti-aging*) e cicatrizes (DAMIAN-RIVERA, 2018), batons (XIAO, LIU & FU, 2018) e produtos para unhas (TEWARI, 2016).

CONCLUSÕES

A árvore de argan constitui um rico exemplar da biodiversidade marroquina. Dela se obtém um óleo com características químicas peculiares, que o tornam um produto com alto valor agregado. Como muitos outros óleos nessa categoria, um controle de qualidade rigoroso faz-se necessário para detectar adulterações. Embora já explorado comercialmente na indústria cosmética e, em menor escala, na alimentícia, diversas propriedades terapêuticas, incluindo ação antiobesidade e antidiabetes, têm sido recentemente avaliadas.

REFERÊNCIAS

- ANTONIASSI, R.; PEÇANHA, B. R. B.; LAGO, R. C. A. Efeito da adição de óleo de abacate na estabilidade oxidativa de óleos de soja e girassol. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 16., 1998. Rio de Janeiro, **Anais**. Rio de Janeiro: SBCTA, 1998, p. 1208-1211.
- ARISAWA, M.; KINGHORN, A. D.; CORDELL, G. A.; PHOEBE, C. H.; FARNSWORTH, N. R.; Plant anticancer agents. XXXVI, Schottenol glucide from *Baccharis coridifolia* and *Ipomopsis aggregata*. **Planta Medica**, v. 51, n. 6, p.544-545, 1985. DOI: 10.1055/s-2007-969601.

- BRAWLEY, O. W. Hormonal prevention of prostate cancer. 2003. Urologic oncology: Seminars and original investigations, v. 21, p. 67-72. 188p. Apud GUILLAUME e CHARROUF (2011b).
- CARAMIA, G.; GORI, A.; VALLI, E.; CERRETANI, L. Virgin olive oil in preventive medicine: From legend to epigenetics. **European Journal of Lipid Science Technology**, v. 114, n. 4, p. 375-388, 2012. DOI: 10.1002/ejlt.201100164.
- CHARROUF, Z.; GUILLAUME, D. Argan oil: Occurrence, composition and impact on human health. **European Journal of Lipid Science Technology**, v. 110, n.4, p. 632-636, 2008. DOI: 10.1002/ejlt.200700220.
- CODEX ALIMENTARIUS. **Fats, Oils and Related Products**. v. 8, 2nd ed. Revised 2001, 81p. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/004/y2774e/y2774e00.htm>>. Acesso em: 25 ago. 2018.
- DAMIAN-RIVERA, F. Facial cream for reducing wrinkles and scars of animal and vegetal origin. **MX2016014033A**. 25/04/2018.
- EL KHARRASSI, Y. ; et al. Biological activities of Schottenol and Spinasterol, two natural phytosterols present in argan oil and in cactus pear seed oil, on murine microglial BV2 cells. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, v. 446, p. 798-804, 2014.
- EL MONFALOUTI, H. Contribution à la détermination des propriétés photoprotectrices et antioxydantes des dérivés de l'arganier: études chimiques et physiologiques. **Tese de Doutorado**. Universidade de Reims, Champagne, Ardennes, France. 2013. Disponível em: <<http://www.theses.fr/2013REIMS027>>. Acesso em: 25 ago. 2018.
- GHARBY, S.; HARHAR, H.; KARTAH, B.; GUILLAUME, D.; CHAFCHAOUNI-MOUSSAOUI, I. BOUZOUBAA, Z. CHARROUF, Z. Oxidative stability of cosmetic argan oil: a one-year study. **Journal of Cosmetic Science**, v. 65, 81-87, 2014.
- GUILLAUME, D.; CHARROUF, Z. Argan oil. **Alternative Medicine Review**, v. 16, n.3, p. 275-279, 2011a.
- GUILLAUME, D.; CHARROUF, Z. Argan oil and other argan products: Use in dermocosmetology. **European Journal of Lipid Science Technology**, v. 113, n.4, p. 403-408, 2011b.
- KHARBACH, M.; KAMAL, R.; BOUSRABAT, M.; ALAOUI-MANSOURI, M.; BARRA, I.; ALAOUI, K.; CHERRAH, Y.; VANDER-RAYDEN, Y.; BOUKLOUZE, A. Characterization and classification of PGI Moroccan argan oils based on their FTIR fingerprints and chemical composition. **Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems**, v. 162, 182-190, 2017.
- LAGO, R. C. A.; CARNEIRO, F. P.; TORQUILHO, D. F.; FREITAS, S.P. Natural antibiotics, a by-product in aqueous enzymatic extraction of avocado oil from the fresh pulp. In: AOCs ANNUAL MEETING & EXPO, 91., 2000. San Diego, **Abstracts...** San Diego, USA: AOCs, 2000. Inform, v.11, n.5, p.S126, 2000.
- MOMCHILOVA, S. M.; TANEVA, S. P.; DIMITROVA, R. D.; TOTSEVA, I. R.; ANTONOVA, D. V. Evaluation of authenticity and quality of argan oils sold on the Bulgarian market. **Rivista Italiana delle Sostanze Grasse**, v. 93, 95-103, 2016.
- SCHWAB, Z. System and method for natural hair loss prevention. **US20180125916A1**. 10/05/2018.
- TEWARI, A. D. Composition compatible with skin or nails, use of composition against fungal infections, warts or for foot care, antifungal or wart. **NL2014181A**. 17/08/2016.
- XIAO, X.; LIU, L.; FU, J. Health-care edible moistening lipstick of Plukenetia volubis seed oil, and preparation method thereof. **CN108125808A**. 08/06/2018.
- ZAABOUL, F.; RAZA, H.; LAZRAQ, A.; DENG, B.; CAO, C.; LIU, Y. F. Chemical composition, physical properties, and the oxidative stability of oil bodies extracted from *Argania spinosa*. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 95, 485-495, 2018. DOI: 10.1002/aocs.12053

NOVAS NORMAS PARA SUBMISSÃO DE ARTIGOS À REVISTA DE QUÍMICA INDUSTRIAL

(aprovadas pelo Conselho Editorial em 14 de setembro de 2014)

A Revista de Química Industrial (RQI) publica artigos técnico-científicos relacionados à área industrial e à pesquisa, desenvolvimento e inovação (P&D&I), inclusive o desenvolvimento de técnicas analíticas. Também publica resenhas de livros e outros tópicos das áreas de engenharia química e da química industrial.

Serão aceitos estudos de caso quando contribuírem para aumentar o entendimento acerca de aspectos como riscos à saúde, impactos ambientais, ecoeficiência, emprego de novos materiais etc.

São também bem-vindos artigos versando sobre Educação e História da Química que estabeleçam um elo com a área industrial.

INSTRUÇÕES GERAIS

a) A submissão de um artigo à RQI implica que ele não foi previamente publicado, salvo na forma de resumo ou parte de um trabalho acadêmico (monografia, dissertação, tese), não está sendo submetido simultaneamente a outra revista e não será submetido futuramente, caso aceite para publicação na RQI. Subentende-se que o autor responsável pela submissão tem o consentimento dos demais coautores e das respectivas instituições a que pertençam. Os autores ficam desde já cientes de que todos os direitos autorais do artigo submetido pertencerão à Associação Brasileira de Química, caso o mesmo seja aceite para publicação.

b) Os artigos poderão ser escritos em Português ou Inglês. No caso de artigos em língua inglesa, o texto que não possuir qualidade mínima apropriada a uma publicação em periódico será devolvido aos autores.

c) Todos os artigos devem ser digitados em fonte Arial corpo 11, espaçamento 1,5 entre linhas, margens 2,5 cm e alinhamento justificado. O arquivo deve estar em um dos formatos .doc, .docx ou .rtf e não pode conter qualquer tipo de marcação.

d) A primeira página deverá conter na parte superior o título do artigo (em português e inglês), os nomes completos dos autores e suas respectivas instituições de vínculo (nome e endereço completo, incluindo cidade, estado e país). O autor responsável pelo artigo deve incluir um e-mail de contato. A seguir, deverá constar o resumo, limitado a 150 palavras, três palavras-chave (separadas por vírgulas) e a tradução de ambos para a língua inglesa (abstract, keywords). O resumo deve citar sucintamente o propósito do artigo, os resultados mais relevantes e as conclusões principais.

e) Os artigos submetidos devem enquadrar-se em uma das categorias abaixo:

Artigo completo: refere-se a estudos completos e inéditos. Deve ser estruturado de acordo com a ordem: Introdução - Materiais e métodos - Resultados e discussão - Conclusões - Agradecimentos - Referências.

Comunicação: também se refere a estudo inédito, mas com uma quantidade reduzida de dados experimentais que, contudo, possuem impacto significativo para justificar uma publicação.

Nota técnica: seção destinada à divulgação de métodos analíticos, técnicas laboratoriais ou industriais e aparelhagens desenvolvidas pelos autores do artigo. Deve seguir a mesma estrutura apresentada para os artigos completos.

Revisão: serve à divulgação do estado da arte de uma determinada área da química pertinente ao escopo da RQI.

Opinião: pesquisadores e profissionais renomados de uma determinada área da química abrangida pela RQI podem, a exclusivo convite do Editor, ser convidados a redigir um artigo versando sobre pontos específicos de suas áreas, tais como: política industrial, perspectivas econômicas, mercado de trabalho, investimentos em P&D&I etc.

Para a preparação de seu artigo, a íntegra das normas de submissão pode ser consultada acessando <http://www.abq.org.br/rqi/instrucoes-para-submissao-de-artigos-tecnicos-cientificos.html>.



SINDIQUIM/RS

Conduzindo o desenvolvimento da Indústria Química do Rio Grande do Sul

Atualmente nossas indústrias estão comprometidas com a sustentabilidade do planeta através da Química Verde que provém da natureza e de onde surge a química para o nosso cotidiano.



SINDICATO DAS INDÚSTRIAS QUÍMICAS NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

Avenida Assis Brasil, 8787 – Sistema FIERGS/CIERGS

Fone: (51) 3347-8758 – Fax: (51) 3331-5200 – CEP 91140-001 – Porto Alegre – RS

e-mail: sindiquim-rs@sindiquim.org.br – site: www.sindiquim.org.br