Ano 87 Nº 764 3º trimestre de 2019
ISSN: 23581697

Revista de Química Industrial

Edição Eletrônica 22 do Nº 764



Química Energia Sustentabilidade

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE QUÍMICA

Eventos 2020

ENQuiS
Encontro Nacional de Química e Sustentabilidade

Rio de Janeiro - RJ

14 e 15 de abril de 2020

Trabalhos: 11 de março

Simpósio Brasileiro de Educação Química
IMPEQUI

Belém - PA

12 a 14 de agosto de 2020

Trabalhos: 29 de junho

ENHTEC

Goiania - GO

1 a 4 de setembro de 2020

Trabalhos: 28 de julho

CBQ
Congresso Brasileiro de Química

Foz do Iguaçu - PR

10 a 13 de novembro de 2020

Trabalhos: 9 de agosto

Informações: www.abq.org.br

Sumário

ISSN: 2358-1697
Revista de Química Industrial
Ano 87 Nº 764 3º semestre de 2019
Edição Eletrônica 22

1 **Sumário**

2 **Expediente**

3 **Editorial**

4 **Acontecendo**
Congresso Brasileiro de Química

6 **Aconteceu**
Tecnologia Química visita Piauí

7 **Aconteceu**
Educação Química em debate

8 **Aconteceu**
51ª Olimpíada Internacional de Química

9 **Aconteceu**
24ª Olimpíada Iberoamericana de Química

10 **Artigo de Opinião**
Quadro de elementos naturais, seus pesos atômicos e valências, de autoria de um brasileiro

12 **Artigo de Opinião**
Prêmio Nobel de Química: Theodor Svedberg

14 **Capa**
Química, energia e sustentabilidade

20.1 **Caderno de Química Verde**

21 **Artigo de Opinião**
IQ-UFRJ - 60 anos de ciência e educação

24 **Artigo de Opinião**
Ecos de um CBQ distante

26 **Pioneiros da Química**
Otto Ohlweiller
Otto Hugo Heinrich Kerl Rothe
Otto Richar Gottlieb
Alfredo Schaeffer

37 **Aconteceu na RQI ...**

38 **Regionais da ABQ**
Divulgando a Química no Brasil

40 **Agenda** Eventos

Artigos Técnicos

41 **Dimitri Ivanovich Mendeleev visita o Brasil através de livros de química e da mídia impressa (1870-1970)**
Dimitri Ivanovich Mendeleev visits Brazil through chemistry books and printed media (1870-1970)

62 **Kinetic modeling and packed-bed reactor simulation for ethylbenzene production process**
Modelagem cinética e simulação de reator de leito empacotado para o processo de produção de etilbenzeno

70 **Simulação e otimização do processo de separação de uma mistura de metilciclohexano e tolueno em uma coluna de destilação extrativa**
Simulation and optimization of the separation process of methylcyclohexane and toluene mixtures in an extractive distillation column

77 **Avaliação da qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Piracicaba, Minas Gerais, Brasil**
Evaluation of water quality in the Piracicaba river basin, Minas Gerais, Brazil

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 Chrispino (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@globo.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	marcianohln@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	
Fabrício Antonio Costa	secretaria@abq.org.br

Editorial



Júlio Carlos Afonso

O Editor saúda os leitores da Revista de Química Industrial que circulará por ocasião do 59º Congresso Brasileiro de Química, cuja edição terá lugar pela primeira vez em João Pessoal, capital do Estado da Paraíba. Uma programação cuidadosamente planejada, a qual inclui a celebração do Ano Internacional da Tabela Periódica dos Elementos Químicos e o centenário da União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC), espera os participantes deste evento. O tema desse CBQ, Química, Energia e Sustentabilidade, é abordado sob o ponto de vista de documentos e relatos produzidos pela Organização das Nações Unidas ao longo deste ano, cujo texto porá os leitores a par de como o organismo máximo mundial vê esses temas na atualidade. Além da matéria sobre o 59º CBQ, este número passa em revista a 17ª edição do SIMPEQUI (Porto Alegre) e a 11ª edição do ENTEQUI (Teresina). A Regional Rio de Janeiro da ABQ também faz um relato de suas últimas atividades. Não nos esqueçamos da cobertura da brilhante participação de nosso *team* na 51ª edição da Olimpíada Internacional de Química (Paris) e da 24ª edição da Olimpíada Ibero-Americana de Química (Porto), com quatro medalhas em cada um desses eventos.

E por falar no Ano Internacional da Tabela Periódica, este número mantém a proposta de publicar três matérias históricas a respeito da Tabela Periódica de Mendeleev, uma das quais ilustra a visita do Prêmio Nobel de Química de 1926, o sueco Theodor Svedberg, ao Brasil em 1948. Além disso, um dos quatro artigos deste número se dedica às menções à pessoa de Dimitri Mendeleev e à sua Tabela Periódica ao longo de 100 anos. Os demais trabalhos voltam seu foco à engenharia de processos químicos e à química ambiental. Ou seja, um plantel bem variado de assuntos.

Realmente, este é um número em que muitas comemorações são registradas. Um texto especialmente preparado pela Direção do Instituto de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro marca a passagem do 60º ano de fundação dessa unidade, pioneira na pós-graduação em química e engenharia química no Brasil. O 14º CBQ, segundo ocorrido no Paraná, estado que sediará o CBQ do ano que vem (Foz do Iguaçu) é repassado sob as lentes do fundador desta revista, Jayme da Nóbrega Santa Rosa.

O passado envolve mais uma vez o leitor no túnel do tempo, através de sua tradicional seção "Aconteceu na RQI", e na seção "Pioneiros da Química", em que as contribuições à química brasileira e mesmo mundial de quatro personagens – Alfredo Schaeffer e três Ottos (Gottlieb, Ohlweiler, Rothe) – são apresentadas. Todos eles foram sócios da ABQ e de pelo menos uma de suas predecessoras – a Sociedade Brasileira de Chimica e a Associação Química do Brasil. Relatos que mostram como esses pioneiros superaram suas dificuldades e desafios, marcando de forma permanente a química nacional.

Por fim, fechando o nosso momento presente, o Caderno de Química Verde comparece em sua 14ª edição com um conteúdo esmerado e focado na informação de qualidade aos seus leitores.

RQI: veículo, tradicional e moderno ao mesmo tempo, porta de entrada para o maravilhoso mundo da Química. A memória, o presente e o futuro da química aplicada no Brasil passam por aqui!

Faça parte dessa história!

Congresso Brasileiro de Química

"Perseverar sempre. Esmorecer jamais!"

A frase acima é do pensador Paulo Boechat. Esse foi o mote da ABQ para a realização dos seus eventos neste ano de 2019. Notadamente o CBQ. Pelo tamanho, necessidade de gestão de pessoas, espaços, terceirizadas, centro de eventos, número de palestrantes, o trabalho foi difícil e de enorme "jogo de cintura" para conseguir ajustar necessidades e contas.

Nos diz o Gerente de Eventos da ABQ, Adm. Celso Augusto Fernandes, "*a Diretoria Executiva da Associação foi muito firme em manter o CBQ a despeito de todo o momento de crise que estamos vivemos em 2019. No inicio dos trabalhos de organização não se tinha ideia se teríamos verbas de fomento federal e/ou estadual ou se as empresas que sempre estão conosco iriam participar. Foi um tiro no escuro*".



FOTO: Sociedade Química Tcheca

Christopher Brett recebe a medalha CCS

O fato é que o congresso está montado, com uma programação do mais alto nível. Podemos destacar os convidados internacionais: Christopher Brett, Presidente eleito da IUPAC - União Internacional de Química Pura e Aplicada; Harold Ardila Barrantes, Presidente da Sociedad Colombiana de Ciencias Químicas e Presidente do Congresso Latinoamericano de Química de 2020 em Cartagena das Indias; e Ana Maria Brett, pesquisadora da Universidade de Coimbra, em Portugal e Fellow da IUPAC e da Royal Society of Chemistry, do Reino Unido .



Ana Maria Brett



FOTOS:Arquivo ABQ

Harold Ardila Barrantes

Também do Brasil estarão presentes palestrantes da maior importância.

Podemos citar os professores e pesquisadores Eduardo Falabella de Sousa-Aguiar (CENPES-Petrobras), André Galembeck (UFPE), Flávio Luiz Honorato (UFCG), José Euzebio Simões (UFRPE), Maria Isabel Rodrigues



FOTO: Arquivo pessoal

Eduardo Falabella

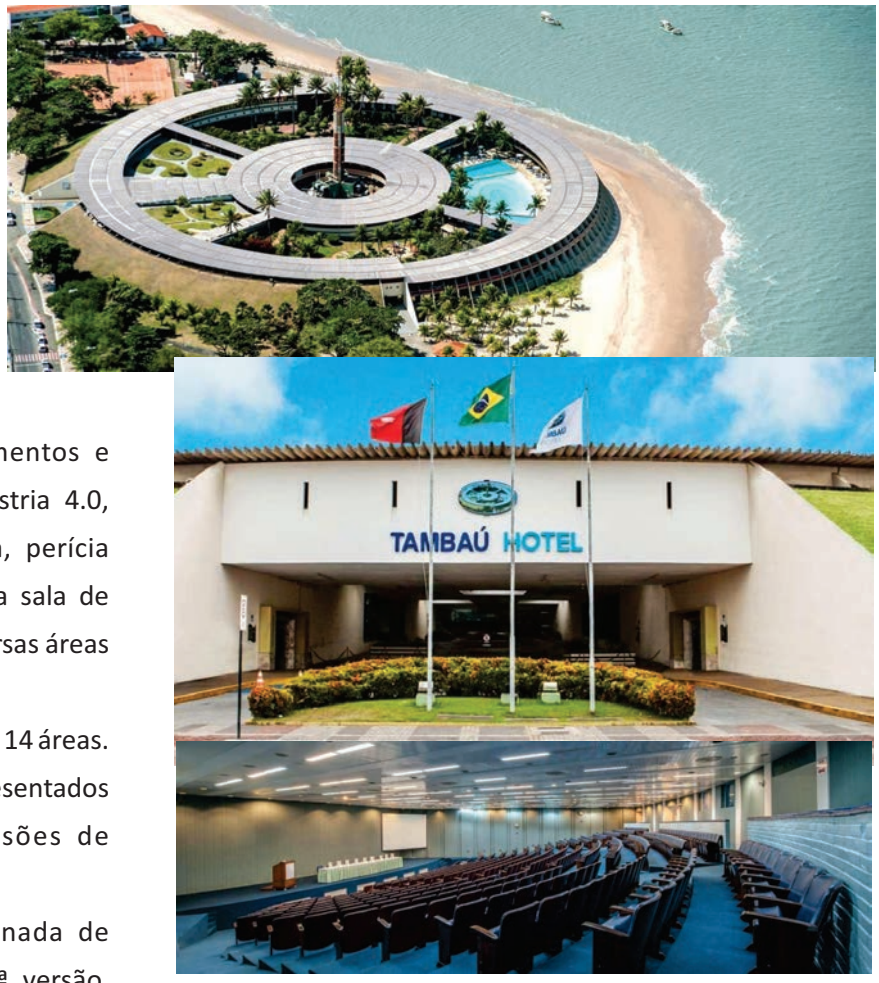
(Protimiza), Pablo Alcantara Nunes (Jecrim-MA), Pollyana Souza Castro (UFRN), Ricardo Olímpio (UEPB), Roy Bruns (UNICAMP), Sharline Santos (UFPB), Thiago Pereira da Silva (UNIVASF), Tiago Frizon (UFSC), Waldmir Araujo Neto (IQ-UFRJ).

O CBQ oferecerá nove cursos entre 8 e 9 horas, passeando pelos temas da fabricação de cerveja, minituarização de sensores eletroquímicos, planejamento de experimentos e otimização de processos, cosmetologia, indústria 4.0, polímeros condutores, catálise heterogênea, perícia criminal, autoria, intermedialidade e LEGO na sala de aula. Como se vê, um leque de opções por diversas áreas da química.

O congresso recebeu 1277 trabalhos em 14 áreas. Destes, foram aprovados 1099, que serão apresentados em 10 sessões de pôsteres e em 7 sessões de comunicações orais.

Como todos os anos, haverá a Jornada de Iniciação Científica em Química, em sua 32ª versão, concorrendo à premiação de R$ 3.000,00 para o 1º colocado. O valor é oferecido pelo Prêmio Professor Arikerne Sucupira de Incentivo â Química. Também ocorrerá a 19ª Feira de Projetos de Química - FEPROQUIM e a 27ª Maratona de Química para alunos do ensino médio. Em ambas as atividades haverá distribuição de prêmios em livros e objetos e valores em dinheiro. Na FEPROQUIM o 1º colocado recebe R$ 1.000,00 e na Maratona os três primeiros colocados recebem respectivamente R$ 500,00, R$ 300,00 e R$ 150,00.

A expectativa da Comissão Organizadora é reunir 1500 participantes em João Pessoa.



Tambaú Hotel. Acima, vista aérea; ao centro, a entrada do hotel, e abaixo o auditório Sergio Bernardes, onde ocorrerão as atividades principais

O CBQ será realizado no Centro de Eventos do Tambaú Hotel, no bairro do mesmo nome, um dos melhores pontos da cidade, próximo ao comércio, bares e restaurante e em frente à praia. O hotel oferece espaços apropriados ao tamanho do evento, excelente infraestrutura, serviço de alta qualidade em alimentação.

Os que forem ao evento vão desfrutar ainda da hospitalidade dos paraibanos.



FOTO:Arquivo ABQ-PB

Reunião de organização. Alguns presenciais e outros por teleconferência. Da esquerda para a direita: Marciano Lucena, Marta Celia Dantas, Sayonara Elisário e André Luiz Oliveira

Tecnologia Química visita o Piauí

De 11 a 13 de setembro de 2019, sob a realização da Associação Brasileira de Química e sua Regional Piauí e sob o patrocínio do Conselho Federal de Química, foi realizado o 11º Encontro Nacional de Tecnologia Química – ENTEQUI.

O evento foi realizado no Auditório do Centro de Tecnologia "Luís Francisco do Rêgo Monteiro", da Universidade Federal do Piauí, em Teresina.

O Encontro teve seu início na tarde do dia 11 com dois minicursos pré-evento: "**Minha primeira cerveja artesanal**", ministrado pelo Prof. Dr. Everson Thiago Santos Gerôncio da Silva, e "**Empreendedorismo científico: da ideia ao mercado**", ministrado pelo Prof. Dr. Lívio Cesar Cunha Nunes, ambos da UFPI.

À noite ocorreu a abertura solene, iniciando-se com uma apresentação de música com o grupo da UFPI. Após as falas dos membros da mesa, a palestrante Tecia Vieira Carvalho, do Núcleo de Estudos do Nordeste, falou sobre "**Empreendedorismo e inovação: O caminho para a sustentabilidade das novas tecnologias**". Em seguida foi servido um coquetel.

Nos dois dias seguintes, a programação teve duas sessões de pôsteres com 60 trabalhos e duas sessões de comunicações orais com 11 trabalhos no total, todos sendo apresentados. O total de trabalhos recebidos foi de 75.

No segundo dia foram apresentadas as palestras "**CERTBIO: Experiência de um laboratório acreditado"** com o Prof. Dr. Marcus Vinícius Lia Fook, da UFCG; "**Desenvolvimento de fármacos a partir de produtos naturais",** com o Prof. Dr. Raphael Salles Ferreira Silva, do IFRJ-Campus Rio de Janeiro; **"Teragnósticos: Novos modelos de diagnósticos e tratamento como alvo a terapia antitumoral",** com o Prof. Dr. Anderson Nogueira Mendes, da UFPI.

Também ocorreu a mesa redonda **"Os desafios da química no desenvolvimento sustentável"** apresentando-se Maria de Fátima Vitória de Moura, da UFRN, e Tecia Vieira Carvalho, do NEPEN, sob a moderação de Naise Mary Caldas Silva, da UFPI.



Palestrante internacional: Andrea Zilli

O terceiro dia teve as palestras "**O futuro dos têxteis: a nanotecnologia e a biotecnologia ao serviço dos materiais fibrosos**" ministrada pelo Prof. Dr. Andrea Zille, da Universidade do Minho, em Portugal; "**Tecnologia farmacêutica aplicada ao desenvolvimento de produtos tópicos**", ministrada pelo Prof. Dr. André Luis Menezes Carvalho, da UFPI; "**Desenvolvimento de Alimentos Funcionais utilizando matérias-primas da Biodiversidade Brasileira**" ministrada pela Profa. Dra. Regilda Saraiva dos Reis Moreira Araújo, da UFPI.

A mesa redonda versou sobre **"Políticas públicas para ciência e tecnologia/indústria Química"**, tendo como participantes o Prof. Dr. Anderson de Oliveira Lobo, da UFPI, o Prof. Dr. Ciro Gonçalves e Sá, da FAPEPI, o Prof. Dr. Geraldo Eduardo da Luz Júnior, da PRAD-UESPI. Como moderador atuou o Prof. Dr. Edmilson Miranda de Moura, da CCN-UFPI.

Alguns números importantes do ENTEQUI:

→ Participantes: 98.
→ Palestras: 6.
→ Mesas redondas: 2.
→ Minicursos: 2
→ Comunicações orais: 2
→ Sessões de pôsteres: 2
→ Trabalhos recebidos: 75.
→ Trabalhos aceitos: 70.

Educação Química em debate

A Associação Brasileira de Química e sua Regional Rio Grande do Sul realizaram nos dias 5 a 7 de agosto de 2019, no Centro de Eventos da Unisinos, o 17º Simpósio Brasileiro de Educação Química – SIMPEQUI.

Na Solenidade de Abertura estiveram a Presidente da ABQ, Maria de Fátima Vitória de Moura, o Presidente do Evento, Marcus Eduardo Maciel Ribeiro, e o Presidente da Regional Rio Grande do Sul, Leandro Rosa Camacho. Na abertura foi promovida a homenagem ao Prof. Dr. Áttico Chassot, Presidente de Honra do evento. Falou o Presidente da Comissão Científica, Jorge Cardoso Messeder, enaltecendo a obra e vida do mestre Chassot, a quem foi entregue um certificado e um presente em forma de ampulheta representando o fato de que, aos 80 anos e ainda em atividade intensa, o tempo sempre foi um de seus parceiros. Em seguida o Prof. Chassot ministrou a palestra *Uma brecha entre o passado e o futuro.*

Na parte da tarde, o evento retornou com a palestra *A pesquisa na pós-graduação em ensino de Química* ministrada pelo Prof. Dr. Edson Luiz Lindner, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Após, encerrando as atividades do dia, ocorreu a mesa redonda *A BNCC do ensino médio e seu impacto na formação do professor de química*, com a participação da Profa. Dra. Flavia Maria Teixeira dos Santos, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, do Prof. Dr. Fernando Luiz Cássio Silva, da Universidade Federal do ABC, da Profa. Dra. Irene Cristina de Mello, da Universidade Federal do Mato Grosso. A moderação foi do Prof. Leandro Rosa Camacho, do Colégio Marista.

A Programação do 2º dia iniciou-se com o minicurso *Jogos digitais no ensino de Química***,** ministrado pela Profa. Dra. Maria das Graças Cleophas Porto, da UNILA, do Paraná. Ainda na parte da manhã foram ministradas duas palestras: *Formação de professores de química e currículo: desafios da atualidade*, com a Profa. Dra. Maria do Carmo Galiazzi, da Faculdade Rio Grande; e *As pesquisas em ensino e aprendizagem na formação do professor*, com a Profa. Dra. Anna Maria Pessoa de Carvalho, da Universidade de São Paulo.

Na parte da tarde, além de outras atividades, ocorreu a **Exposição de Produtos para o Ensino de Química – EXPEQ**. Trata-se de uma mostra de produtos específicos, com ou sem patentes, apresentados por seus criadores que participaram de uma premiação.

No final do dia, um Tema de Debate reunindo Anna Maria Pessoa de Carvalho, da USP e Maria do Carmo Galiazzi, da FURG, sob a coordenação de Jorge Cardoso Messeder, do IFRJ. O tema foi *A formação de professor no século XXI.*

No último dia do evento, na parte da manhã, ocorreu a 2ª aula do minicurso. Foram ainda ministradas as palestras *Desvendando o etnocentrismo no ensino de química*, com a Profa. Dra. Nicéa Quintino Amauro, da Universidade Federal de Uberlândia e *Inclusão, passado, presente e futuro*, com o Prof. Dr. Gerson de Souza Mól, da Universidade de Brasília. Fechando o dia ocorreu a segunda sessão de pôsteres e o Tema de Debate, que reuniu Gerson de Souza Mól, da UnB, e Nicéa Quintino Amauro, da UFU, debatendo a *Formação e atuação docente frente às diferenças*. A coordenação foi de Maria de Fátima Vitória de Moura, da UFRN.

Foram apresentados ainda duas sessões de comunicações orais reunindo 8 trabalhos incluindo um da Colômbia, duas sessões de pôsteres, e duas sessões com autores falando sobre seus livros.

O vencedor da 2ª EXPEQ foi Carla Machado, da Escola SESC de Ensino Médio do Rio de Janeiro, com o produto *Ciência fora da caixa*.

A próxima versão do Simpequi está marcada para Belém, Pará, de 12 a 14 de agosto de 2020. O tema será "**Educação Química no Século XXI: Diversidade no/para o Ensino de Química**".

51ª Olimpíada Internacional de Química

Equipe brasileira mantém 100% de aproveitamento

Com o slogan "making science togehter" (Fazendo ciência juntos), de 21 a 30 de julho em Paris, 578 participantes de 80 países (mais quatro observadores) dos cinco continentes participaram da 51ª edição da OIQ (IChO em inglês). A lista completa você acessa clicando em https://icho2019.paris/en/participation/pays-participants/. Pelo segundo ano consecutivo, todos os quatro brasileiros foram premiados: foram duas medalhas de prata (Ygor de Santana Moura e Joaquim Miguel Moreira Santiago, ambos cearenses) e duas de bronze (Lucas Yutaka Kuroishi, de São Paulo, e Thiago Oliveira Sousa, do Ceará).

Esse resultado coroa, mais uma vez, o trabalho árduo e o esforço de professores e estudantes, e ainda o apoio das escolas, que entendem a importância da Olimpíada Brasileira de Química.

Na IChO, cada país compete com uma equipe formada por até quatro estudantes não-universitários, com idade inferior a 20 anos, que fazem provas teóricas e práticas elaboradas por membros das delegações e especialistas do país organizador. Vice-Coordenador Nacional do Programa Olimpíada Brasileira de Química e integrante dos Júris da Olimpíada Iberoamericana de Química e da International Chemistry Olympiad, o Reitor da UFPI, Prof. Dr. José Arimatéia Dantas Lopes, participou do evento.

Os estudantes foram submetidos a provas prática e teórica individuais. A íntegra dos exames pode ser acessada clicando em https://icho2019.paris/en/problemes/problemes-icho-2019/. Ao todo, foram premiados 95 estudantes com medalhas de bronze, 64 com prata e 37 com ouro. 23 jovens receberam menções honrosas por desempenhos específicos.

Esta edição da IChO coincidiu com as comemorações do centenário de fundação da IUPAC (União Internacional de Química Pura e Aplicada) e do Ano Internacional da Tabela Periódica dos Elementos Químicos, o que deu um toque todo especial aos participantes deste certame. Pontos turísticos da capital francesa foram visitados.

A cerimônia de entrega das medalhas foi realizada na *Maison de la Chimie* (centro internacional de conferências, localizado perto da Assembleia Nacional da França), no dia 30 de julho. Parabéns a todos que representaram tão bem nosso país neste evento!!! A edição 2020 terá lugar em Istambul, Turquia, em julho.



A equipe brasileira na 51ª IChO.
Da esquerda para a direita: Gabriel Matheus (Guia dos Estudantes), Rodrigo (representante da Embaixada Brasileira em Paris), Prof. Dr. Sérgio Melo (UFC), Ygor (estudante, medalha de prata), Lucas (estudante, medalha de bronze), Joaquim (estudante, medalha de prata), Thiago (estudante, medalha de bronze), Prof. Dr. José Arimatéia Lopes (UFPI) e Prof. João Paulo (UFMG)

Detalhes das medalhas



24ª Olimpíada Ibero-Americana de Química

Ouro e prata para o Brasil

Portugal acolheu pela segunda vez uma edição da OIAQ, sendo a primeira ocasião em 2006, na cidade de Aveiro. Desta vez a organização ficou a cabo da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto em colaboração com a Sociedade Portuguesa de Química (SPQ).

Delegações enviadas por 17 países – Argentina, Bolívia, Brasil, Chile, Colômbia, Costa Rica, Cuba, El Salvador, Equador, Espanha, México, Panamá, Paraguai, Peru, Portugal, Uruguai e Venezuela – num total de 59 estudantes, estiveram reunidos de 9 a 15 de setembro para testar conhecimentos e trocar vivências, um dos objetivos desse evento. Os estudantes provaram os seus conhecimentos ao superarem duas provas - teórica e laboratorial -, cada uma com 5 h de duração, que incluem as áreas das Químicas Analítica, Inorgânica, Orgânica e Físico-Química – contendo problemas interdisciplinares em um nível significativamente superior ao ministrado no ensino médio.

Os estudantes brasileiros conquistaram duas medalhas de ouro e duas medalhas de prata. O Brasil foi representado pelos estudantes cearenses Ygor de Santana Moura, Joaquim Miguel Moreira Santiago, Thiago Oliveira Sousa e o paulista Lucas Yutaka Kuroishi. É o mesmo grupo que fez participação brilhante na Olimpíada Internacional de Química (veja matéria na página anterior), realizada em julho deste ano, em Paris, trazendo para o país quatro medalhas (duas pratas e dois bronzes).

Durante o evento, a Universidade Federal do Piauí (UFPI) foi escolhida por unanimidade em reunião do júri da OIAQ como sede da XXV edição do evento. Será a terceira vez que o evento ocorrerá nesta Instituição e a quinta vez no Brasil. A solenidade de Abertura e o Exame Experimental serão realizados no campus Ministro Petrônio Portella, em Teresina; a Solenidade de Encerramento e o Exame Teórico serão realizados no Campus Ministro Reis Velloso, em Parnaíba.

A OIAQ é uma competição anual que se realiza durante o mês de setembro em um país ibero-americano. O projeto teve início em 1995. Podem competir na OIAQ os estudantes que tenham sido selecionados com base numa Olimpíada ou competição de Química em nível nacional dos respectivos países. Os países que não tenham este tipo de competições podem participar como observadores. Os estudantes participantes não devem completar 19 anos antes de 1° de outubro do ano da competição; ter a nacionalidade do país que representa ou ter realizado os seus três últimos anos de estudos no dito país; poderão receber treinamento com professores universitários por um período máximo de 120 horas; ter ingressado há menos de um ano no nível de estudos pré-universitário e não ter feito nenhuma disciplina de Química em nível universitário.

Parabéns mais uma vez aos nossos bravos alunos!



FOTO: Amparo Faustino

A equipe brasileira na 24ª edição da Olimpíada Ibero-Americana de Química, na cidade do Porto, Portugal.

Quadro de Elementos Naturais, seus pesos atômicos e valências, de autoria de um brasileiro

Impressões colhidas pela "Gazeta de Notícias" através de uma palestra com o Sr. Abelardo Torres Daltro, respectivo organizador

Um curioso importante estudo sobre os pesos atômicos e valências, vem de ser realizado pelo técnico brasileiro Abelardo Berredo Torres Daltro que fez a sua transplantação para um quadro. Submetendo a apreciação dos mais importantes e destacados órgãos técnicos, tais como o Instituto Nacional de Tecnologia, Gabinete de Exame Periciais e outros, foi o Quadro dos Elementos considerado de utilidade para os colégios e laboratórios, uma vez que o mesmo apresenta vantagens científicas, didáticas e pedagógicas.

A "GAZETA DE NOTÍCIAS", informada a respeito, procurou ouvir o autor do referido trabalho.

A princípio, quis o Sr. Torres Daltro esquivar-se de


TERIAM MELHORADO
TAMBEM OS TRANSPORTES MARITIMOS
GAZETA DE NOTICIAS 50 Cts
"E' preciso que unamos pensamentos e ação em defesa dos postulados democraticos do Brasil"
Incendiou-se um avião da P. A. B.

prestar maiores esclarecimentos sobre o assunto, alegando que considera o seu trabalho um esforço mínimo em prol dos estudiosos e daqueles que dedicam os seus esforços e existências a pesquisas nos laboratórios. Como, porém, insistíssemos, o Sr. Daltro disse-nos inicialmente: "*Não resta dúvidas, meu quadro, teve elogios dos próceres mais autorizados no campo Físico-Químico, entre os nomes já do conhecimento do vosso conceituado jornal. Recebi iguais louvores do Cel. Celso Gonçalves da Cunha, professor da Escola Técnica do Exército e do Dr. Adozindo Magalhães de Oliveira, Diretor da Cia. Hidroelétrica do São Francisco.*

Estou satisfeito, considero tais apreciações uma verdadeira vitória altamente moral para mim. Em breve, de certo, os colégios e laboratórios, adotarão nas salas de estudo e experiências, o quadro por mim organizado. Pretendo em breve propiciar aos estudantes, especialmente aos nossos patrícios a aquisição do meu trabalho, pois, já providenciei a redução do mesmo de forma portátil de fácil consulta, e até mesmo nas vias públicas."

A seguir o Sr. Daltro, agradecendo a nossa visita, levanta-se em direção a uma estante de livros dispersos, de lá retira um trabalho em forma de planta cadastral e diz: "*Aqui está o meu quadro e do meu presado jornalista também careço da sua opinião*".

Achamos realmente interessante, o trabalho e arriscamos a última pergunta. Obedeceu às rigorosas deliberações adotadas pela União Internacional de Química?

"Não. Os nomes e símbolos, dados para os elementos de números 43, 61, 85 e 87, são obsoletos. A alegada descoberta desses elementos, por vários observadores não foi suportada por evidência experimental satisfatória senão recentemente. O elemento 43 foi descoberto por Perrier e Segré que sugeriram o nome "technetium" (tc), o elemento 61 por Marinsky e Glendenin e nenhum nome foi proposto pelos descobridores, o elemento 85, por Corson, Mackenzie e Segré que propuseram o nome "Astatina" (at), o 87 por Perey que sugeriu o nome "Francin" (fa). Esses nomes e símbolos não foram oficialmente adotados pela União Internacional, no entanto, não vejo conveniente em aceitar os nomes de há muito adotados nos mais conceituados estudos. Quanto aos demais valores, os atestados e as recomendações dizem melhor que as minhas palavras."

Demo-nos por satisfeitos, e ao despedir-nos, saímos com uma interrogação:

Porque o Sr. Daltro tem na sua sala de estudos uma estátua de Darwin?

Gazeta de Notícias, Rio de Janeiro
Número 238, 10 de outubro de 1948, p. 1.

Ajustam-se os nomes

Para pôr fim à confusão resultante das distintas denominações que têm os elementos químicos, a Comissão de Nomenclatura Inorgânica da União Internacional de Química, reunida em Amsterdam em setembro do último ano, tomou certo número de decisões oficiais. A mais característica aplica-se ao elemento 74 da classificação periódica: o "tungstênino", chamado igualmente de "wofran" nos países anglo-saxônicos. De agora em diante, só se utilizará este último corpo de acordo com seu símbolo químico W. O elemento 4, chamado "berílio" ou "glucínio", denominar-se-á "netuno"; o 94, "plutônio"; o 95, "amerício"; o 96, "cúrio". Finalmente, a Comissão apresentou para as reuniões futuras um projeto tendente a modificar os nomes de alguns elementos, para pô-los de acordo com seus símbolos químicos. Se for aceita esta sugestão, o ouro, AU, se converterá em "áureo"; o potássio, K, em "kálio"; o sódio, NA, "nátrio" e o estanho, SN, em "stânio".



A Noite, suplemento ilustrado,
seção Leitura Rápida
17 de agosto de 1951, p. 17

Prêmios Nobel da Ciência
Theodor Svedberg



FOTO: Wikipedia

Aproveitando a recente estada em nosso país do Prof. The Svedberg, destacamos hoje, nesta seção "Prêmios Nobel de Ciências", a figura deste grande cientista sueco. Poucos cientistas suecos puderam em vida tornar-se tão conhecidos e admirados de seu povo quanto The Svedberg, professor de físico-química da célebre Universidade de Upsala.

Theodor (The Svedberg) nasceu em 30 de agosto de 1884, em Flerang, na Suécia. Seu pai era diretor-gerente de uma grande usina de aço. Desde cedo o menino The interessou-se muito pelos trabalhos desenvolvidos na usina e em seu laboratório passou a fazer muitas experiências. Sua vida colegial passou-se nas cidades de Koping e Orebro. Em princípio de 1904, matriculou-se em Upsala, onde fez uma boa carreira acadêmica. Atraído pela carreira científica, hesitou a princípio entre a química e a botânica. A primeira foi, afinal, a escolhida, mas o acompanharia por toda a vida o interesse pelas ciências biológicas: muitas vezes voltaria a atenção para a química dos seres vivos.

Data de 1905 a publicação de seu primeiro trabalho científico, sobre soluções coloidais metálicas. Neste estudo, Svedberg relatava suas bem-sucedidas experiências criando suspensões metálicas coloidais de grande concentração por meio de descargas elétricas oscilantes. Tal método, que despertou grande interesse nos meios científicos, permitiu a Svedberg dispersar coloidalmente a maioria dos metais. Os estudos dos cientistas suecos evidenciaram importantes usos para as soluções coloidais na físico-química. Pelos estudos dos movimentos próprios das partículas nas soluções coloidais (o movimento browniano) e pela medição das velocidades de difusão pôde Svedberg determinar o tamanho das partículas e provar que as clássicas leis físicas e químicas, enunciadas para soluções diluídas, também se aplicavam às soluções coloidais. De seus trabalhos em tal setor de pesquisas resultou a definitiva comprovação da existência das moléculas em solução. Simultaneamente, desenvolveu novos métodos de formação das soluções coloidais entre os quais os baseados ne utilização de raios ultravioletas e raios-X.

A Svedberg cabe também o mérito de ter sido um antecessor de Soddy na concepção dos isótopos, pois já em 1909, com Stromholn, afirmava ser possível "que os elementos no sistema periódico fossem misturas de vários elementos semelhantes, com pesos atômicos parecidos, porém não inteiramente idênticos". Em 1912, foi instituída na Universidade de Upsala uma cátedra especial para Svedberg. Nela o cientista continuou suas pesquisas sobre química coloidal. Posteriormente, estudou os chamados "cristais líquidos", que são líquidos com moléculas extensas e descobriu que soluções eletrolíticas em tais líquidos, sob a influência de um campo magnético, demonstram ter condutividades diferentes no sentido do campo magnético e no sentido transversal ao mesmo.

Este fenômeno foi interpretado como uma orientação das moléculas da solução pelo campo magnético. Suas experiências provaram que as moléculas têm dimensões geométricas diferentes em vários sentidos e são anisótropas.

Dedicou-se também Svedberg ao estudo do processo fotográfico, considerando especialmente o grão da emulsão fotográfica, seu tamanho e sua sensibilidade pela luz.

Demonstrou que, pela exposição à luz, formavam-se "crescimentos" que podiam ser considerados centros para a redução da prata na revelação. Entre os interessantes trabalhos fotográficos, realizados por Svedberg deve-se assinalar a fotografia do conhecido "Codex argentens", uma bíblia gótica escrita à mão no ano 500 e cujo texto foi tornando visível por meio da fotografia em raios ultravioleta. Em 1923, Svedberg realizou uma demorada viagem nos Estados Unidos onde se tornou professor da Universidade de Wiscosin. De volta à Suécia, empenhou-se num grande esforço para a ampliação das pesquisas científicas no seu país. Em 1926, sua magnífica obra de elitistas e principalmente seus trabalhos de química coloidal foram galardoados com o Prêmio Nobel de Química.

Ao receber tão cobiçado troféu elentífico, Svedberg pronunciou uma conferência sobre o ultracentrifugador, novo instrumento para as pesquisas de química coloidal cuja construção iniciara em 1923, nos Estados Unidos. O princípio deste aparelho é simples. A força da gravitação do globo torna-se suficiente para que, por exemplo, a areia se precipite no fundo da água, com formação de sedimentos. Entretanto, as partículas menores e as moléculas somente sedimentam quando são influenciadas por um maior campo de gravitação.

Tal campo pode ser obtido mediante grandes rotações e é precisamente este o principio utilizado no ultracentrifugador que é hoje aparelho essencial em todos os laboratórios de química coloidal.

Dos ultracentrifugadores, os mais potentes, construídos em Upsala sob a direção de Svedberg, apresentam a velocidade de 150.000 rotações por minuto, com o desenvolvimento de uma força centrifuga



FOTO: Wikipedia

que é um milhão de vezes maior que a força de gravitação terrestre.

De acordo com uma proposta apresentada na Academia de Ciências de Nova York, em 1944, a velocidade de sedimentação é hoje indicada em unidades chamadas "Svedberg". Tal velocidade dá-nos uma medida do tamanho da molécula através de combinação com medições da difusão, pode-se ter também uma ideia da forma das moléculas estudadas.

Posteriormente, dedicou-se Svedberg no estudo das moléculas das proteínas e esclareceu várias questões sobre as suas reações e as suas funções nos processos orgânicos.

Em 1930, Svedberg inaugurou e passou a dirigir o Instituto Físico-Químico de Upsala do qual fez um moderníssimo centro de pesquisas. Após a construção do ultracentrifugador, Svedberg dedicou-se muito ao estudo das substâncias orgânicas de peso molecular muito elevado, entre as quais as matérias plásticas e os polímeros sintéticos. Para o grande público tornou-se muito conhecido a borracha sintética "svedopren", cuja fabricação foi iniciada na Suécia sob a orientação de Svedberg.

Durante os últimos anos, pesquisas tem convergido para a química do átomo. Presentemente, está sendo construído no instituto dirigido por Svedberg em Upsala um grande cíclotron. Pode-se prever que, como tal aparelho, Svedberg trará, por certo, contribuições muito importantes para a ciência.

Ciência Para Todos, Rio de Janeiro,
25 de abril de 1948, p. 15

Química, Energia e Sustentabilidade

Julio Carlos Afonso
Editor da RQI

O tema do 59º CBQ é relativamente recorrente na Revista de Química Industrial. Nos últimos sete anos, os números 760 (Química – Sociedade e Qualidade de Vida, tema do 58º CBQ), 758 (Geração de Energia), 756 (Megatendências), 749 (Química Verde), 748 (Recursos Renováveis), 744 (Química e Sociedade: Motores da Sustentabilidade) e 736 (Sustentabilidade) focaram diversos aspectos relativos ao tema do CBQ deste ano.

Por ocasião da 74ª sessão da Organização das Nações Unidas (ONU), ocorrida em fins de setembro na sede da ONU, em Nova York, o secretário-geral das Nações Unidas, António Guterres, afirmou que a ONU iria realizar cinco reuniões de alto-nível em temas como: mudanças climáticas, serviço de saúde universal e financiamento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Por essa razão, o tema deste CBQ será todo estruturado em documentos e comunicações da própria ONU.

Entre os dias 25 e 27 de setembro, mais de 150 líderes mundiais se reuniram na sede da ONU para adotar uma nova agenda de desenvolvimento sustentável para erradicar a pobreza, proteger o planeta e garantir que as pessoas alcancem a paz e a prosperidade: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, a qual contém o conjunto de 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

A Agenda 2030 e os ODS afirmam que para pôr o mundo em um caminho sustentável é urgentemente necessário tomar medidas ousadas e transformadoras. Os ODS constituem uma ambiciosa lista de tarefas para todas as pessoas, em todas as partes, a serem cumpridas até 2030. Se tais metas forem cumpridas, as gerações futuras serão poupadas dos piores efeitos adversos da mudança do clima.

A Agenda 2030 convida a todos para participar nessa jornada coletiva.

Os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que devem ser implementados por todos os países até 2030, estão na imagem ao lado, página 15.

* * *

Alguns desses objetivos estão intimamente ligados ao tema do 59º CBQ:

► **Objetivo 6**: segundo a ONU, em 2015, 91% da população global tinha acesso a uma fonte de água potável aprimorada, comparado a 76% em 1990. Contudo, 2,5 bilhões de pessoas não têm acesso a serviços de saneamento básico; diariamente, uma média de cinco mil crianças morrem de doenças evitáveis relacionadas à água e ao saneamento; a energia hidrelétrica é a fonte de energia renovável mais importante e amplamente usada. Em 2011, ela representava 16% do total da produção mundial de



eletricidade; aproximadamente 70% de toda água disponível é usada para irrigação; enchentes são a causa de 15% de todas as mortes relacionadas a desastres naturais.

A contaminação da água por práticas agrícolas insustentáveis representa uma grave ameaça para a saúde humana e os ecossistemas do planeta, um problema frequentemente subestimado tanto pelos responsáveis por políticas públicas como pelo agronegócio, alertou um relatório divulgado em 20 de junho do corrente pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO).

Em muitos países, a maior fonte de contaminação da água é a agricultura — não as cidades ou a indústria. O relatório "Mais pessoas, mais alimentos, pior água?", apresentado pela FAO e pelo Instituto Internacional para o Manejo da Água, assinala que a agricultura moderna é responsável por lançar grandes quantidades de agroquímicos, matéria orgânica, sedimentos e sais nos corpos d'água.

Essa poluição afeta bilhões de pessoas e gera custos anuais que superam bilhões de dólares. "A agricultura é o maior produtor de águas residuais, por volume, e o gado gera muito mais excrementos que os humanos. À medida que se intensificou o uso da terra, aumentou enormemente o uso de pesticidas, fertilizantes e outros insumos", disseram Eduardo Mansur, diretor da divisão de terras e águas da FAO, e Claudia Sadoff, diretora-geral do instituto, em sua introdução para o relatório. "Apesar de esses insumos terem ajudado a impulsionar a produção de alimentos, também deram lugar a ameaças ambientais, assim como a possíveis problemas de saúde humana."

Os poluentes agrícolas mais preocupantes para a saúde humana são praguicidas, nitratos nas águas subterrâneas, oligoelementos metálicos e poluentes emergentes, como antibióticos, hormônios e genes resistentes aos antibióticos excretados pelo gado. Esse relatório representa a análise mais completa da dispersa literatura científica sobre o tema realizada até hoje, e tem como

objetivo fechar lacunas de informação e desenhar soluções no nível de políticas e das exportações agrícolas em uma única referência consolidada.

Está disponível um glossário que esclarece termos do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) nº 6. A publicação, em português, está disponível gratuitamente em https://oestepr2030.org.br/wp-content/uploads/2018/09/Gloss%C3%A1rio-do-ODS-6-%C3%81gua-pot%C3%A1vel-e-saneamento.pdf.

► **Objetivo 7**: cerca de 1,3 bilhão de pessoas ainda não têm acesso à eletricidade; 3 bilhões dependem de madeira, carvão, carvão vegetal ou dejetos animais para cozinhar e obter aquecimento; a energia é responsável por cerca de 60% das emissões globais totais de gases do efeito estufa; a energia de fontes renováveis – vento, água, solar, biomas e energia geotermal, atualmente, constitui 15% da matriz energética global.

De acordo com o relato de 18 de maio de 2019 da ONU Meio Ambiente, o investimento global em energias renováveis atingiu 288,9 bilhões de dólares em 2018, "superando em três vezes o apoio financeiro à geração de energia a partir de combustíveis fósseis", afirmou Inger Andersen, diretora-executiva da ONU Meio Ambiente. Esses números mostram que 2018 foi o nono ano consecutivo com investimentos acima de 200 bilhões de dólares e o quinto ano consecutivo acima de 250 bilhões de dólares. No ano passado, verificou-se uma baixa dos custos relacionados à tecnologia para energia solar fotovoltaica. "As tendências globais continuam indicando que investir em energia renovável é investir em um futuro lucrativo", segundo Inger Andersen.

O Grupo Assessor do Sistema ONU no Brasil para a Agenda 2030 lançou em 29 de maio, dia mundial da energia, um glossário que esclarece termos do ODS nº 7, para orientar debates sobre políticas públicas para o tema. Em português, está disponível gratuitamente em http://www.br.undp.org/content/brazil/pt/home/library/ods/glossario-do-ods-7.html.

► **Objetivo 9**: Cerca de 2,6 bilhões de pessoas em países em desenvolvimento têm dificuldades no acesso à eletricidade; 2,5 bilhões de pessoas não têm acesso à saneamento básico e quase 800 milhões não têm acesso à água; entre 1 a 1,5 bilhão de pessoas não têm acesso a um serviço de telefone de qualidade; para muitos países africanos, principalmente os de baixa renda *per capta*, os limites na infraestrutura afetam em cerca de 40% a produtividade das



FOTO: Furnas/Eletrobrás

Placas fotovoltaicas para geração de energia solar



FOTO: Wikipedia

Parque eólico em Parnaíba, Piauí

empresas; a indústria manufatureira é importante para geração de empregos, somando aproximadamente 470 milhões dos empregos no mundo em 2009 – ou cerca de 16% da força de trabalho.

Estima-se que existiam mais meio bilhão de empregos na área em 2013; o efeito da multiplicação de trabalhos industrializados impactou a sociedade positivamente. Cada trabalho na indústria gera 2,2 empregos em outros setores; em países em desenvolvimento, apenas 30% da produção agrícola passa por processamento industrial; em países desenvolvidos, 98%. Isso sugere a existência de uma grande oportunidade para negócios na área agrícola em países em desenvolvimento.

► **Objetivo 11**: Dentre os argumentos colocados pela ONU, citam-se: As cidades no mundo ocupam somente 2% de espaço da Terra, mas usam 60 a 80% da energia e respondem por 75% da emissão de carbono. A rápida urbanização está exercendo pressão sobre a oferta de água potável, de esgoto, do ambiente de vida e saúde pública.

Ainda que cidades compactas e conectadas usem menos recursos, o crescimento não planejado e a expansão urbana descontrolada podem intensificar as emissões.

O uso ineficiente da terra também é um dos principais fatores por trás da perda de biodiversidade, com cerca de um milhão de espécies animais e vegetais ameaçadas de extinção. As cidades são vulneráveis às mudanças climáticas.

A elevação da temperatura global reverterá décadas de conquistas em termos de desenvolvimento, empurrando 100 milhões de pessoas para a pobreza até 2030. Além disso, até 2050, cerca de 143 milhões de pessoas poderão tornar-se migrantes climáticos, especialmente de comunidades mais pobres.

A extinção de espécies ameaça ecossistemas essenciais para o desenvolvimento humano, corroendo a base comum de seu sustento, a capacidade de adaptação da sociedade, a qualidade de vida e a capacidade da natureza de armazenar carbono.

Soluções integradas para o desenvolvimento urbano e a desigualdade social que mitiguem as mudanças climáticas e evitem a perda de biodiversidade podem gerar oportunidades para as cidades proporcionarem um crescimento verde, competitivo e de baixo carbono, bem como para que construam sociedades resilientes, inclusivas e habitáveis.

As cidades são reconhecidas como parte da solução para a mudança climática no âmbito do Acordo de Paris.

Cada cidade enfrenta desafios únicos.

No entanto, muitas delas implementaram uma ou mais das seguintes medidas em seus esforços para desenvolver soluções integradas próprias:

⇒ Definir metas de baixa emissão com o objetivo de tornar-se neutra em carbono;

⇒ Elaborar e implementar planos de ação de biodiversidade locais para conservar e melhorar a biodiversidade urbana e as áreas de proteção urbanas;

⇒ Incorporar as informações sobre o clima e a biodiversidade ao ordenamento espacial e, ao mesmo tempo, investir no desenvolvimento urbano compacto e interligado;

⇒ Aproximar a natureza das pessoas, restaurando a conectividade e os corredores verdes entre as áreas urbanas, as paisagens do entorno e as áreas de proteção;

⇒ Defender a inclusão social e, ao mesmo tempo, abordar soluções para a mudança climática, a perda de biodiversidade e o desenvolvimento econômico;

⇒ Promover soluções baseadas na natureza para melhorar as funções dos ecossistemas, ampliar a infraestrutura urbana verde e aumentar a resiliência urbana.



FOTO: Revista em discussão

Desperdicio de alimentos

► **Objetivo 12**: 1,3 bilhão de toneladas de comida são desperdiçadas anualmente; se as pessoas usassem lâmpadas de baixo consumo, o mundo economizaria 120 bilhões de dólares anualmente; a população global deve chegar a 9,6 bilhões de pessoas até 2050; o equivalente a três planetas seriam necessários para prover os recursos naturais necessários para sustentar os estilos de vida atuais.

► **Objetivo 14**: Os níveis de captura de peixes estão próximos da capacidade de produção dos oceanos, que absorvem cerca de 30% do dióxido de carbono produzido, amortecendo os impactos do aquecimento global; eles são a maior fonte de proteína do mundo - mais de 3 bilhões de pessoas dependem deles como fonte primária de alimentação; subsídios para a pesca estão contribuindo para a rápida diminuição de várias espécies e estão impedindo esforços para salvar e restaurar a pesca mundial e empregos relacionados; 40% dos oceanos estão altamente afetados pelas atividades humanas, incluindo poluição, diminuição de pesca e perda de *habitats* costeiros.

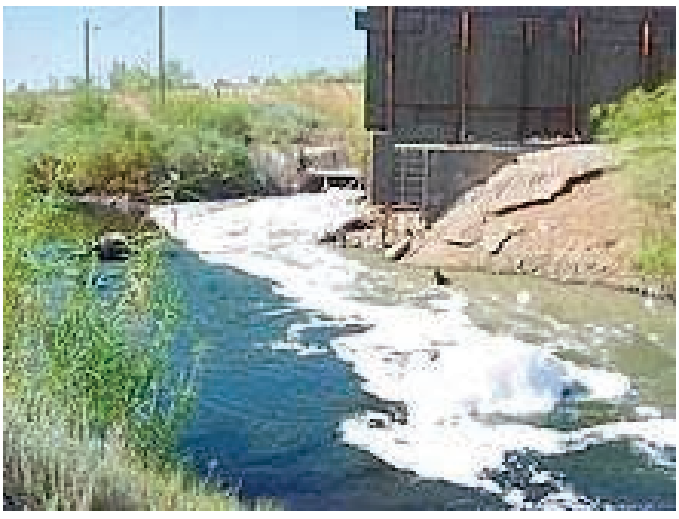


FOTO: Wikipedia

Poluição hídrica

► **Objetivo 15**: 13 milhões de hectares de florestas são perdidos a cada o ano; cerca de 1,6 bilhão de pessoas dependem das florestas para sua subsistência, incluindo 70 milhões de indígenas. Florestas são o lar de mais de 80% de todas as espécies de animais, plantas e insetos terrestres; mais da metade da terra usada para agricultura é afetada moderada ou severamente pela degradação do solo; anualmente, devido à seca e desertificação, 12 milhões de hectares são perdidos, espaço em que 20 milhões de toneladas de grãos poderiam ter crescido; 80% das pessoas que vivem em áreas rurais em países em desenvolvimento dependem da medicina tradicional das plantas para acesso a cuidados com a saúde básica.



FOTO: Picture-Alliance - Perez

Queimadas, um dos motivos de perda de florestas

* * *

O Panorama Global de Substâncias Químicas II: de legados a soluções inovadoras – Implementando a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, foi preparado pela ONU Meio Ambiente ao longo dos últimos três anos por meio de um processo envolvendo mais de 400 cientistas e especialistas de todo o mundo, e apresentado durante a Assembleia da ONU para o Meio Ambiente, em Nairóbi (Quênia), em março de 2019.

Em seu relatório, a atual capacidade de produção da indústria química global ultrapassava os 5 trilhões de dólares em 2017, devendo dobrar até 2030. Impulsionado pelo desenvolvimento econômico, dinâmicas populacionais e megatendências globais, o mercado de produtos químicos em vários setores industriais está crescendo. Por exemplo, espera-se que o mercado de insumos químicos no setor de construção cresça a 6,2% por ano entre 2018 e 2023. A região da Ásia-Pacífico responderá por mais de dois terços das vendas globais até 2030.

Tratados internacionais e instrumentos voluntários reduziram os riscos de algumas substâncias e seus resíduos, mas o progresso foi desigual. Por exemplo, em 2018, mais de 120 países não haviam ainda implementado o sistema globalmente harmonizado de classificação e rotulagem de produtos químicos (GHS); produtos químicos perigosos continuam a ser liberados no ambiente em grandes quantidades. Eles são onipresentes no ar, na água e no solo, na comida e nos seres humanos.

Países não cumprirão a meta internacionalmente acordada de minimizar os impactos adversos de substâncias químicas e resíduos até 2020, o que significa que ações urgentes são necessárias para reduzir seus danos, mas também aponta para oportunidades de um compartilhamento aprimorado de



FOTO: Wikipedia

Poluição do ar por usina termelétrica

conhecimento, desenvolvimento de capacidades e financiamento inovador.

Em 2016, a Organização Mundial da Saúde (OMS) estimou em 1,6 milhão de mortes o impacto de doenças associadas a substâncias químicas, estimativa provavelmente abaixo da realidade. A poluição química também ameaça um leque de serviços ecossistêmicos.

Dos fármacos à proteção das plantas, os produtos químicas desempenham um papel importante na sociedade moderna e no cumprimento das metas da Agenda 2030 da ONU para o Desenvolvimento Sustentável.

O 2º Panorama Global de Substâncias Químicas mostra que empresas estão elevando seus padrões para além de práticas de *compliance* e de gestão sustentável das cadeias de suprimentos. Consumidores têm impulsionado a demanda por produtos e métodos de produção mais seguros. Indústrias e empreendedores estão desenvolvendo inovações sustentáveis na química. Cientistas têm preenchido as lacunas de dados e as universidades reformado o modo como a química é ensinada. Abordagens de gestão – da avaliação de perigo dos químicos à gestão de risco e análises de ciclo de vida – estão avançando.

Existem oportunidades para que os principais influenciadores, como investidores, produtores, varejistas, acadêmicos e ministros, ampliem essas iniciativas. Isso não apenas protegeria a saúde humana e o meio ambiente, mas também traria benefícios econômicos na casa das dezenas de bilhões de dólares por ano.

O desenvolvimento de uma futura plataforma global para a gestão responsável de produtos químicos e resíduos para depois de 2020 oferece uma janela de oportunidades, as quais precisam reunir todos os setores relevantes e partes interessadas e fomentar ações colaborativas e ambiciosas.

A despeito dos enormes desafios e as dificuldades políticas para se construir soluções para que a humanidade tenha melhores possibilidades no futuro, há esforços nesse sentido sendo reconhecidos e premiados. A Costa Rica recebeu o “Campeões da Terra” de 2019, o maior prêmio ambiental da ONU, por seu papel na proteção da natureza e seu compromisso com políticas ambiciosas para o combate às mudanças climáticas. Esse país centro-americano foi reconhecido na categoria Liderança Política por seu plano detalhado para descarbonizar a economia até 2050.

A iniciativa vai ao encontro das diretrizes do Acordo de Paris para o clima e dos ODS. Mais de 98% da energia da Costa Rica é renovável e sua cobertura florestal é superior a 53%, após um meticuloso trabalho para reverter décadas de desmatamento. Em 2017, o país bateu um recorde de 300 dias movido apenas a energia renovável. O objetivo é atingir 100% até 2030. Espera-se que 70% de todos os ônibus e táxis do país sejam elétricos até 2030, com total eletrificação projetada para 2050.

CADERNO DE QUÍMICA VERDE

Ano 4 - Nº 14 - 3º trimestre de 2019

Neste Caderno

20-2
Editorial

20-3
Depoimento de Cícero Naves de Ávila Neto



20-7
QUÍMICA VERDE
Eventos
7th International Symposium and Workshop of the Global Green Chemistry Centres (G2C2)

20-8
O Etanol como Materia-prima para a Industria Química

20-8
Microdosagem:
Natureza e AI na Síntese Estereoquímica em Materiais Energéticos

20-9
Conselho Federal de Química divulga a Química Verde



20-10
Buscando o crescimento sustentável

Editorial

A Abertura da Assembleia Geral das Nações Unidas vem gerando uma série de notícias sobre aquecimento global, agressões à natureza, mudanças climáticas, poluição, queimadas, níveis dos oceanos e outras ameaças. O que fazer num momento como este?

Há muito o desenvolvimento sustentável deixou de ser uma meta ambiciosa a ser atingida ao longo do tempo. Jovens que começam a entender o que está acontecendo no mundo em que nasceram e que terão de compartilhar o planeta com seus demais conterrâneos pelo resto de suas vidas, já sabem perfeitamente que esta é a sua única opção. O crescente protagonismo das novas gerações na sua defesa recebe ampla cobertura em todas as mídias cabendo aqui o devido registro e apoio. Mas para a comunidade da química isto não é o suficiente! O desenvolvimento sustentável deve ser o ponto de partida para a sua participação ativa nas grandes questões ligadas aos processos a nível molecular.

O Caderno procura fazer a sua parte. Na presente edição *Microdosagem* exemplifica potenciais contribuições à sustentabilidade na síntese de produtos biologicamente ativos que conferem as propriedades desejadas a fármacos, defensivos, cosméticos e essências, entre outros, assim como no desenvolvimento de materiais energéticos. O *Depoimento* destaca que se um empreendimento for pensado desde sua concepção como sustentável, ele pode se tornar competitivo. Também nota que empresas estão dispostas a correr riscos e passar por transformações para aumentar a sua competitividade. *Eventos* comunica a disponibilidade do relatório *e* apresentações do *7th Symposium and Workshop* promovido pelo G2C2 no qual se pode verificar que a abordagem do ensino de Química Verde através do desenvolvimento sustentável leva à introdução de conceitos como “pegadas”, que permitem a avaliação de abordagens e comparações de alternativas a exemplo dos projetos de P&D executados na academia e indústria. Reflete a forte tendência no sentido de que a própria química está se tornando cada vez mais verde à medida que se aproxima dos produtos e processos da natureza.

A matéria sobre *Buscando o Crescimento Sustentável*, que faz um relato das atividades IX Encontro da Escola Brasileira de Química Verde realizado recentemente no Triângulo Mineiro, aponta a participação expressiva de representantes de universidades e centros de pesquisa, de empresas e de órgãos de governo no evento e a variedade dos temas abordados. A própria Conferência de Abertura apontou as potencialidades da integração de matérias primas renováveis em processos de refino já empregados no país.

O Etanol como Matéria Prima para a Indústria Química revela que várias publicações recentes confirmam o potencial do etanol como molécula-plataforma. Entre suas muitas vantagens estão a possibilidade de fabricar produtos *drop-in* em uma etapa utilizando catalisadores multifuncionais.

Finalmente *O Conselho Federal de Química divulga a Química Verde* traz a palavra do Presidente do CFQ e seu compromisso com o desenvolvimento sustentável do país. Suas atividades de divulgação da química proporcionam um eficiente veículo para informar os meios de comunicação e a sociedade em geral sobre a Química Verde e, (quem sabe?) atrair futuros colegas para estas iniciativas.

Peter Seidl, Editor

Depoimento:

Cícero Naves de Ávila Neto

Caderno – Quando decidiu ser o professor-pesquisador? Quais foram às dificuldades que encontrou? Valeu a pena?

Cícero - Minha afinidade com as atividades de professor-pesquisador iniciaram durante o período que ingressei no curso de Mestrado em Engenharia Química na Universidade Federal de Uberlândia. Durante todo o meu Mestrado, como eu havia recentemente retornado da França, onde estudei e estagiei durante um ano, comecei a lecionar francês em algumas escolas de idiomas da cidade de Uberlândia/MG.

Embora vislumbrasse essas atividades apenas como uma complementação financeira à minha bolsa de pesquisa, eu sem perceber já estava sendo absorvido pela docência acadêmica.

Após a defesa de minha dissertação, fui contemplado com uma bolsa de doutorado na Universidade Federal de São Carlos. Durante o período de pouco mais de três anos, além de colaborar em diversas pesquisas regionais em desenvolvimento na área de Catálise, eu também desenvolvi diversos projetos em colaboração com a equipe de catálise do Laboratório Nacional de Luz Síncrotron.

As principais limitações que encontrei na área da pesquisa de modo geral sempre estiveram relacionadas à estrutura financeira. O Brasil possui um corpo de professores-pesquisadores de extrema competência e com significativa visibilidade internacional, mas que infelizmente por diversos motivos não são valorizados. Fazer pesquisa no nosso país tem se tornado um trabalho dispendioso,


Cícero Ávila

principalmente nos últimos meses devido aos cortes orçamentários. Entretanto, acredito na educação e na ciência como ferramentas indispensáveis para o desenvolvimento do país.

A pesquisa torna um país dinâmico e é através dela que temos argumentos coerentes para entrarmos no mercado competitivo internacional.

Caderno – Acaba de montar o programa científico do IX Encontro da Escola Brasileira de Química Verde. Como foi convidado? Poderia falar sobre seu dia-a-dia desde então? Quais foram suas prioridades?

Cícero - A oportunidade de um contato inicial com o IX Encontro da Escola Brasileira de Química Verde se fez através de um convite informal do Prof. Ricardo Reis Soares (Faculdade de Engenharia Química da UFU), o qual me deixou extremamente feliz, pois até então nunca havia colaborado ou participado desse evento. Nós da Comissão Organizadora nos comprometemos desde o início em nos esforçar para que o evento tivesse um grande impacto, não somente na área acadêmica através da participação de universidades,



institutos de ensino e centros de pesquisa, mas também na área empresarial, através do contato com indústrias e empresas, fortalecendo a relação entre o setor público e o privado.

O cotidiano da Comissão Organizadora foi embasado na boa comunicação, e principalmente no trabalho em equipe. Esta postura se concretizava através de constantes reuniões cuja decisão consensual sempre era priorizar o máximo de informação com qualidade acadêmica inovadora em um evento de curta duração. Portanto, embora cada membro da Comissão desempenhasse atividades individuais, durante as reuniões as decisões ocorriam em equipe, e talvez este tenha sido um dos principais motivos para o alcance dos bons resultados.

No meu caso particular, embora tenha me responsabilizado pela organização de todo o trâmite envolvendo os trabalhos científicos, eu sempre acabava me envolvendo nas demais áreas, pois realmente queríamos que esse evento tivesse êxito.

Caderno – Encontrou dificuldades em montar uma boa equipe? Quais são as características que procura nas pessoas que vai convidar?
Cícero - Felizmente não houve dificuldades em montar uma boa equipe, pois a grande maioria dos membros da Comissão Organizadora já se conhecia dentro do ambiente profissional, dentro da UFU e em outras instituições. Eu geralmente procuro pessoas com bom relacionamento interpessoal, que priorizem o coletivo em detrimento do individual.

Você pode ser um pesquisador de enorme competência, mas se não souber se relacionar dentro de um grupo, seu conhecimento pode ser subutilizado.

Caderno – Quais são os pontos fortes dos Encontros da Escola Brasileira de Química Verde? Ainda há espaço para melhorias?
Cícero - Acredito que um dos pontos mais fortes desse IX Encontro da Escola Brasileira de Química Verde foi a oportunidade de termos conseguido debater preocupações da indústria e da academia igualitariamente, com recursos humanos competentes, e gerando informações de qualidade, de um modo bastante simples.

Acredito que, mesmo tendo recebido palestrantes de diversos ramos da indústria, ainda podemos tentar aumentar esta participação nas próximas edições do evento. Isto significa que os professores-pesquisadores deverão buscar mais parcerias fora da academia, e a própria instituição pública deverá incentivar seus profissionais a tomarem este caminho.

Caderno – Qual o papel de *startups* e incubadoras no desenvolvimento de novas tecnologias? Tem contatos com as locais?
Cícero - Nos últimos tempos o Brasil vem dando

grande importância e ênfase às *startups* e incubadoras para o desenvolvimento de novas tecnologias. Porém, nós acadêmicos (professores e pesquisadores) das instituições públicas somos constantemente desmotivados por ainda esbarrarmos nas limitações burocráticas, as quais desestimulam e até mesmo impedem o contato com o setor privado. Existem alguns empreendedores locais buscando parcerias com a UFU para desenvolver tecnologias através da prestação de serviços. Também existem empreendedores de grande porte, com grande capacidade de contrapartida financeira, buscando parceria para angariar recursos de instituições de fomento, como FINEP, BNDES, etc.

Caderno – Empresários da região estão dispostos a correr riscos e investir na inovação?
Cícero - Aqui na região do Triângulo Mineiro existem dois setores em crescimento e que estão recebendo investimentos consideráveis. Um deles é o setor agropecuário e o outro é a área de tecnologia e comunicação. Ambos estão constantemente passando por transformações para conseguir competir no mercado. Neste cenário percebe-se que as empresas não são nem um pouco cautelosas em arriscar e investir em inovação. Muito pelo contrário, elas estão se arriscando cada vez mais nesse tipo de investimento, através da potencialização da sua infraestrutura bem como através da captação de recursos humanos.

Caderno – Como conheceu a química verde? Encontra dificuldades em explicar para políticos e empresários como contribui para a segurança e sustentabilidade? Para a competitividade?
Cícero - Venho desenvolvendo Química Verde desde o início de meu doutorado, mas sem ter consciência dos conceitos básicos que viriam a definir o tema. As pessoas com as quais trabalho inevitavelmente trabalham com algum tópico relacionado à Química Verde, muito provavelmente direcionadas por requisitos de editais das agências de fomento. Pelo que percebo, mesmo no meio político existem diversas tendências influenciadas pelos princípios da Química Verde, seja em âmbito regional (Triângulo Mineiro) ou nacional. Não é difícil explicar como a Química Verde contribuiu para diversos aspectos da sociedade, entre eles segurança e sustentabilidade. Conforme mencionado por um parceiro da iniciativa privada, o investimento em Química Verde pode se tornar bastante competitivo se o empreendimento for pensado, desde sua concepção, como um empreendimento



sustentável. Assim, a aplicação da Química Verde já na elaboração do projeto inicial seria viável não somente do ponto de vista ambiental, mas também econômico.

Caderno – O que esperava do IX Encontro da Escola Brasileira de Química Verde? O que deve atrair pesquisadores e empresários para o evento?

Cícero - Eu esperava do IX EEBQV exatamente aquilo que ele veio a se concretizar: um ambiente onde discussões sobre química sustentável pudesse ser conduzida por profissionais da academia, da indústria e representantes da sociedade.

Não tive a oportunidade de participar das edições anteriores, mas percebo que a ideia desta edição seguiu uma tendência do que vinha ocorrendo nas outras edições. Imagino que, para atrair pesquisadores e empresários para o evento, a Comissão Organizadora deva ser proativa, ou seja, ir até onde estas pessoas estão, e explicando todos os benefícios que elas poderão obter ao participar do evento. É um trabalho lento e que requer persistência, mas cuja energia de ativação pode ser vencida com trabalho coletivo.

Caderno – O país passa por momentos difíceis. Sentiu alguma retração nas parcerias com órgãos de governo e empresas?

Cícero - O governo vem cortando verbas para a ciência de diversas formas, tentando estabilizar a economia do país. Desta forma, é nítida a escassez de oportunidades para conseguir verba de agências de fomento, para quaisquer finalidades.

A saída está sendo recorrer às parcerias com o setor privado, que apesar de oferecer oportunidades, não possui ainda grandes cooperações com o setor público, devido em grande parte à diferença operacional nos trâmites internos entre os dois setores. Então, na minha opinião, não houve muita retração, já que a cooperação público-privada ainda não é tão grande, mas deve aumentar daqui em diante.

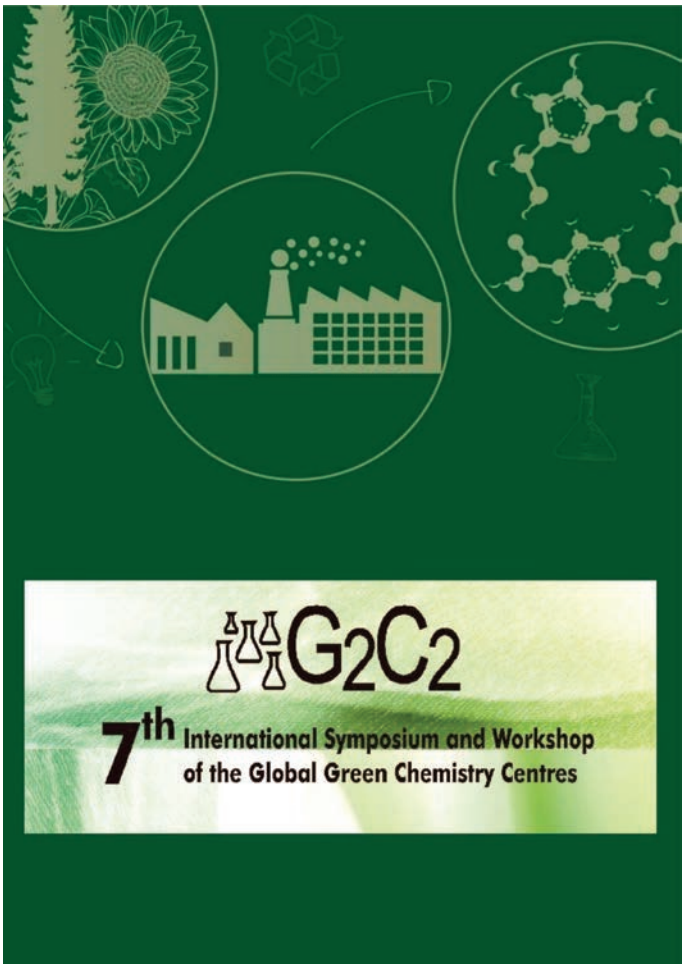
Caderno – Estimularia quem está começando a carreira a seguir o mesmo caminho que você?

Cícero - Com certeza sim. O momento atual é bastante incerto, e, às vezes, nem as pessoas mais experientes conseguem vislumbrar boas possibilidades. Porém, como esta é uma situação pontual, acredito sinceramente que, se não regionalmente, o mundo sempre oferecerá as melhores oportunidades às pessoas que detém o conhecimento.



QUÍMICA VERDE
Eventos

7th International Symposium and Workshop of the Global Green Chemistry Centres (G2C2)



Relatório e Acesso a Apresentações

O Relatório correspondente ao evento promovido pelo Global Green Chemistry Centres-G2C2 em colaboração com a Escola Brasileira de Química Verde no final de maio deste ano estará disponível aos participantes a partir do presente número do *Caderno*. Contém informações sobre as promotoras, as atividades realizadas (inclusive resumos dos trabalhos) e de iniciativas de estudantes de Química e Engenharia para promover a divulgação científica e empreendedorismo.

Mediante compromisso de confidencialidade será concedido acesso às apresentações das Conferências e Painéis de Discussão.

Trata-se de material atualizado sobre a Química Verde e cobre o ensino, pesquisa e instituições que atuam no Brasil e exterior.

7th International Symposium and Workshop of the Global Green Chemistry Centres

Content

Introduction	3
Organization	4
Program	5
Abstracts of Poster Presentations	6
Abstracts of Oral Presentations	20
Professor Arikerne Sucupira Award	25
Exhibits	26
Sponsorship and Support	27

O Etanol como Matéria-prima para a Indústria Química

Lucia Appel
Laboratório de Catálise, Instituto Nacional de Tecnologia (INT)

O etanol é usado como matéria-prima para Indústria Quimica desde o inicio do século passado no Brasil. Entre as décadas de 70-80 seu emprego como insumo industrial cresceu de forma significativa fruto do emprego de incentivos via subsídios no âmbito do programa Proálcool. Esta política resultou na criação de um segmento industrial voltado para geração de diversos produtos e intermediários químicos. No entanto, o baixo nível de investimento em tecnologia, as fortes flutuações no câmbio que ocorriam nesta época e a queda dos subsídios resultaram no quase completo de desmonte destas unidades industriais.

Mais recentemente, a valorização de matérias primas renováveis, a partir dos conceitos de química verde tornaram novamente muito interessante o uso do etanol.

Inúmeras publicações recentes evidenciam que o etanol é de fato uma molécula plataforma especial. Através dela é possível sintetizar diferentes compostos "drop in" em processos em uma etapa empregando catalisadores multifuncionais. O 1-butanol, 1,3 butadieno, isobuteno, ácido acético, acetona, óxido de etileno, propeno e acetato de etila são alguns exemplos destes compostos. Quande parte destes produtos ou intermediários são considerados *commodites*.

A troca da nafta por insumos mais leves nos processos de "cracking" tem sido também uma importante força motriz na promoção do emprego do etanol como matéria-prima. Esta alteração limita a geração de compostos com quatro e três carbonos. De fato, atualmente os investimentos em pesquisa nesta área estão focados na geração de 1,3 butadieno, isobuteno e propeno. Os países que mais se destacam neste contexto são os EUA, a China e o Brasil.

O Instituto Nacional de Tecnologia dispõe de um grupo de etanolquimica que atua no âmbito Laboratório de Catálise desta entidade há vários anos. Muitos estudos foram e estão sendo desenvolvidos neste contexto, com ênfase no desenvolvimento de catalisadores multifuncionais, no uso da água como agente oxidante e no aprimoramento de sistemas catalíticos via geração de vacâncias aniônicas em óxidos de metais de transição, entre outras atividades.

Estes estudos contam com a colaboração de varias universidades com destaque para a PUC-Rio, UERJ, UFRJ (EQ) e IME. Cabe também citar apoio de empresas como a Petrobras, Sinochem, Braskem e outras. Grande parte dos estudos desenvolvidos pode ser conhecida através de trabalhos publicados em revistas de circulação internacional, patentes e pedidos de privilégio.

Microdosagem

Até recentemente, a capacidade de criar moléculas com determinadas propriedades era uma prerrogativa exclusiva dos químicos sintéticos altamente qualificados. Entretanto o campo está ficando bem mais concorrido! De um lado a natureza vem revelando os caminhos que utiliza para construir e reproduzir estruturas de importância fundamental para as funções de seres vivos (e abrindo caminho para novos tipos de negócio!) e de outro os avanços em inteligência artificial e o uso de robôs estão chegando cada vez mais perto de combinar rotas sintéticas para chegar a uma determinada arquitetura molecular.

Por outro lado o desenvolvimento de novos materiais energéticos vem revelando a importância da estereoquímica sobre suas respectivas propriedades físicas. Embora o desempenho destes materiais como explosivos e propelentes não parece ser afetada pela presença de isômeros, seus pontos de fusão assim como o seu comportamento em misturas eutéticas e em processos de moldagem dependem fortemente de sua estéreo- e regioquímica.

Conselho Federal de Química divulga a Química Verde

Um grande cubo, de 100 metros quadrados, montado em plena Avenida Paulista, foi uma das atrações da cidade de São Paulo durante as celebrações do Dia do Químico em junho passado.

Criado pelo Conselho Federal de Química e contando com o apoio dos Conselhos Regionais de Química, o Espaço Q tem por objetivo chamar a atenção do público para a importância da Química e de seus profissionais e informar como a ciência influencia o dia-a-dia de qualquer sociedade.

O Espaço Q conta com muitas atrações. Na versão paulista, em seu interior havia estações temáticas que abordaram: Corpo humano e reações químicas; Química verde; Indústrias da Química; Profissionais da Química; e Alimentos e Bebidas. Segundo o presidente do CFQ, José de Ribamar Oliveira Filho, "Compartilhamos do entusiasmo dos pesquisadores e demais profissionais engajados nessa fronteira científica, atentos ao mundo que deixaremos para as próximas gerações. Ao definirmos o planejamento estratégico da nossa entidade, estabelecemos como missão do Conselho promover a atividade plena da Química, com vistas a contribuir para o desenvolvimento sustentável do país". A atenção à sustentabilidade ambiental é um dos temas mais caros ao CFQ, pois trouxe um novo campo à ciência: a Química Verde. "Longe de ser um mero sonho de idealistas, a Química Verde é tendência em ascensão na academia e nas fábricas, semeando promissoras oportunidades econômicas e vastos benefícios. Ao redor do mundo, startups abertas por jovens cientistas vendem soluções para elevar o patamar de sustentabilidade ambiental no setor produtivo. Demonstram que é possível gerar emprego e renda na construção de um planeta mais saudável", acredita José de Ribamar.

Hans Viertler, Presidente do Conselho Regional de Química da 4ª Região, sediado em São Paulo, SP, explica que o "Espaço Q" representa uma oportunidade gratuita para as pessoas conhecerem mais a história e as potencialidades da Química, para saber sobre os elementos químicos, a tabela periódica, a Química Verde e os tipos de elementos presentes em certos alimentos e materiais de limpeza. A Química Verde, na sua definição, é uma forma de produção na área Química com base em vários princípios cujo objetivo é obter o máximo rendimento com a produção reduzida de resíduos.

O Momento Q representa um excelente veículo para promover a Química Verde junto ao grande público e já foi lançado em várias outras capitais.

O detalhamento de sua programação está presentemente em curso e o Caderno acompanhará suas próximas edições.







“Buscando o crescimento sustentável”

Tema central do IX Encontro da Escola Brasileira de Química Verde

Estevão Freire
Escola de Química da UFRJ

A Escola Brasileira de Química Verde – EBQV – promoveu seu IX Encontro, nas instalações da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), na cidade de Uberlândia, estado de Minas Gerais, nos dias 28 a 30 de agosto, com o tema “Buscando o Crescimento Sustentável”. Os Encontros da EBQV consistem de palestras técnicas, apresentação de trabalhos de alunos de graduação e de pós-graduação e de minicursos. Os temas são voltados para diversos aspectos da química verde – tratamento da biomassa, catálise, políticas de financiamento e iniciativas industriais.

O IX Encontro contou com duas apresentações Plenárias, seis sessões de palestrantes convidados, duas Mesas Redondas, dois Painéis, apresentação de pôsteres dos trabalhos submetidos, além de dois Minicursos.

Antecedendo a abertura oficial, foram ministrados dois minicursos: “Como calcular CBios de sua atividade (RenovaBio)”, por Mateus Chagas, do Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol – (LNBR/CNPEM) e “Como criar um startup a partir dos resultados das pesquisas das ICT”, por Flavio Grynszpan, consultor. Mateus apresentou uma metodologia aplicada para quantificar o desempenho ambiental dos bicombustíveis usados no Brasil e suas vantagens frente aos combustíveis fósseis, utilizando uma ferramenta desenvolvida especialmente para o programa RenovaBio, a RenovaCalc. Flavio apresentou uma metodologia do Customer Development e do Business Model Canvas, que é adotada por instituições de pesquisa dos Estados Unidos, no processo de criação de *startups*, como forma de transferência de tecnologia da Universidade para o setor produtivo.


Estevão Freire

A abertura do evento ocorreu no final da tarde do dia 28 e contou com uma mesa composta pelo Reitor da Universidade Federal de Uberlândia, professor Valder Steffen Jr., pelo Pró-Reitor de Pesquisa e Pós-graduação, professor Carlos Henrique de Carvalho, pelo Pró-Reitor de Extensão e Cultura, professor Hélder Eterno da Silveira, pela diretora do Instituto de Química da UFU, Nívia Maria Melo Coelho, pelo professor Ricardo Reis Soares, da Faculdade de Engenharia Química da UFU e coordenador do evento, pelo professor Cícero Naves de Ávila Neto, presidente da Comissão Científica, pelo Conselheiro do Conselho Federal de Química, Rodrigo Alan Moura Rodrigues e pelo professor Peter Rudolf Seidl, da Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro e coordenador da Escola Brasileira de Química Verde.

Os discursos dos membros da mesa destacaram a realização de mais uma edição do evento, o primeiro em Minas Gerais, a importância do tema para o desenvolvimento da indústria química em uma base sustentável, além do crescimento do número de trabalhos submetidos, em relação a anos anteriores.

A palestra de abertura, intitulada “Biomass co-processing in existing refineries” foi proferida pelo professor Eduardo Falabella Sousa-Aguiar, da Escola de

Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Eduardo abordou as relações entre ética e sustentabilidade, as ameaças à indústria de petróleo tradicional, cuja sobrevivência dependerá de vencer desafios relacionados às regulamentações ambientais e estará ligada à busca de matérias primas de fonte renovável. Ao final da palestra, os participantes foram convidados a participar de um coquetel, oferecido pela organização do evento.



FOTO: FIEMG

As atividades do dia 29 foram iniciadas com a palestra do Gerente da área de Inovação e Tecnologias Renováveis da Braskem, Roberto Werneck, intitulada O papel da ciência rumo à economia circular – uma visão industrial, que abordou aspectos da reciclagem de plásticos, relacionando com fluxos circulares e o comprometimento da Braskem com a Economia Circular, que inclui a participação em iniciativas como a *Alliance to end plastic waste* e o desenvolvimento de materiais renováveis.

Em seguida, o Professor Solidônio Rodrigues de Carvalho, da Faculdade de Engenharia Mecânica da UFU, ministrou a palestra intitulada "Waste to Energy: Gasification of Refuse Derived Fuel in a Fluidized-Bed Thermochemical Reactor", onde abordou um projeto de reator termoquímico de gaseificação para geração de energia em escala industrial usando derivado de lixo municipal e um ciclo de energia a vapor Rankine, capaz de gerar cerca de 1,0 MWh de energia elétrica, suficiente para abastecer 3600 residências domésticas.

Após as duas apresentações, os participantes do Encontro puderam participar da Sessão de Posters, simultanea ao *coffee break*.

Finalizando as atividades da manhã, foram apresentadas quatro palestras.

O professor Claudio Mota, do Instituto de Química da UFRJ, ministrou a palestra intitulada "Para além do Fóssil e da Biomassa: Utilização de CO2 no contexto da Química Verde e da Economia Circular", abordando a captura e conversão de CO2, sobretudo focalizando os processos termocatalíticos de hidrogenação a hidrocarbonetos, metanol e dimetil éter, e a produção de carbonatos orgânicos, demonstrando, portanto, que o CO2 pode ser reaproveitado no contexto da economia circular.

A professora Vania Zuin, do Departamento de Química da Universidade Federal de São Carlos, apresentou a palestra "Química Verde na Universidade: perspectivas?", onde discutiu aspectos relacionados ao desenvolvimento científico, tecnológico e formativo visando dar suporte à demanda nacional e internacional para a substituição de processos e materiais que possibilitem o desenvolvimento sustentável.

Teodorico de Castro Ramalho, professor do Departamento de Química, da Universidade Federal de Lavras (MG), ministrou a palestra "Oportunidades e estratégias computacionais para o desenvolvimento de novas moléculas na indústria de agroquímicos: ações para um futuro sustentável" e o professor Claudio Luis Donnici, da Universidade Federal de Minas Gerais, apresentou o Instituto Midas, projeto desenvolvido no âmbito do Programa Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia (INCT).

Na parte da tarde ocorreram dois painéis: o primeiro intitulado "Biomassa definindo as Biorrefinarias atuais e do futuro", teve a participação de Vinícius Lobosco, da Suzano Papel e Celulose, Paulo Suarez, do Instituto de Química da Universidade de Brasília e Antonio Bonomi (LNBR/CNPEM), sendo moderadora Carolina Andrade, Diretora do Instituto Senai de Inovação – Biomassa, MS. O segundo painel, intitulado A Indústria Química e outros segmentos atuando na Química Verde" teve a moderação de Gustavo P. Castro, da Evonik, e a participação de Alessandro Rizzato, da Solvay, Jéferson Silveira, da Magnor Consultoria e Sílvio Vaz Jr., da Embrapa Agroenergia.

No último dia do evento, as atividades foram iniciadas com a palestra do professor David Chiaramonti, da Universidade de Florença, intitulada "Thermochemical conversion to biochar and hydrothermal liquids". Após o *coffee break*, seguiram-se duas mesas redondas; a primeira, mediada por Antonio Fidalgo, do Instituto Senai de Inovação - Química Verde, do Rio de Janeiro, com o tema "Cenário atual, Plano de Metas e Investimentos em Química Verde", contou com a participação de Luiz Costa, da Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais (FIEMG); Alessandro Rizzato, da Solvay, mas nesta mesa redonda representando a ABIQUIM; Mário Campos, da Associação das Indústrias Sucroenergéticas de Minas Gerais (SIAMIG) e Donizete Tokarski, da União Brasileira do Biodiesel e Bioquerosene (UBRABIO). A segunda mesa, com o tema "Estratégias, políticas e ações para investimento em Química Verde", foi moderada por Euler Santos, da Fundação de Desenvolvimento da Pesquisa – FUNDEP Participações S.A. (FUNDEPAR) e contou com a participação de Edgard Rocca, da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), Carlos Eduardo Pereira da Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial (EMBRAPII), Evaldo Vilela, da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e Rafael Menezes, do Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC).



FOTO: Estevão Freire

Alunos finalistas do Prêmio Professor Arikerne Sucupira

O evento terminou no final da manhã, com a apresentação do vencedor do Prêmio Professor Arikerne Sucupira. Os trabalhos foram apresentados sob a forma de pôsteres durante o evento, sendo que o melhor trabalho foi escolhido por uma comissão formada por membros de instituições de pesquisa e da academia. O Prêmio Professor Arikerne Sucupira foi concebido para auxiliar estudantes da área da química nos seus estudos acadêmicos. Nesta edição, a premiação de R$ 3.000,00 foi para Marina Cristina Tomasini, da UFRJ, com o trabalho "Utilização da fração hemicelulósica da palha de cana-de-açúcar para produção biológica de hidrogênio", orientada por Viridiana Santana Ferreira-Leitão, do INT/RJ.

Encerrando as atividades do dia, o professor Ricardo Soares, coordenador geral do evento agradeceu a presença de todos e deu por encerrado o IX Encontro da Escola Brasileira de Química Verde.

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.

Editora Adjunta:
Adriana Karla Goulart.

Conselho de Redação:
Ana Karolina Muniz Figueiredo, Estevão Freire, Julio Carlos Afonso, Roberio Fernandes Alves de Oliveira.

Consultor Senior:
Celso Augusto Caldas Fernandes.

Diagramação e arte:
Adriana dos Santos Lopes.

Contato:
quimicaverde@eq.ufrj.br

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

Os textos assinados são de responsabilidade de seus autores.



Instituto de Química da UFRJ 60 Anos de Ciência e Educação

Claudio J. A. Mota e Marlice A. Sípoli Marques

Instituto de Química da UFRJ

No dia 30 de janeiro de 2019 o Instituto de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro (IQ-UFRJ) completou 60 anos. Fruto da dedicação de pioneiros da Química em nosso país, como os professores Athos da Silveira Ramos (1906-2002) e João Christovão Cardozo (1903-1980), o IQ-UFRJ nasceu com vocação para a pesquisa e o ensino de pós-graduação.

Em 1962 foram abertas as inscrições para a primeira turma de pós-graduação do IQ; a primeira dissertação de mestrado foi defendida em 1964. A partir de 1967, começou a transferência do IQ-UFRJ para as instalações na Ilha do Fundão e em 1968, com a reforma universitária, o IQ passou a ministrar cursos de graduação, além de ser o responsável pelo ensino de química fundamental para toda a Universidade.

O corpo docente do IQ foi, inicialmente, formado por professores da Escola Nacional de Química, Escola Politécnica, Faculdade de Farmácia, Instituto de Geociências e Faculdade Nacional de Filosofia. A atual estrutura departamental foi criada em 1969, com os Departamentos de Bioquímica, Físico-Química, Química Analítica, Química Geral e Inorgânica e Química Orgânica. Mais tarde, foi criado o Pólo de Xistoquímica, que ainda faz parte da estrutura organizacional do IQ. Em 2016, por ocasião dos Jogos Olímpicos, foi inaugurado o prédio do Ladetec/Polo de Química, que abriga o Laboratório Brasileiro de Controle de Dopagem (LBCD) e faz parte do futuro plano de construção das novas instalações do IQ-UFRJ.



FOTOS: IQ-UFRJ

Vista aérea da construção dos prédios da Cidade Universitária, 1954. O prédio principal em destaque abriga, atualmente, o IQ-UFRJ

Atualmente, o IQ-UFRJ conta com cerca de 160 docentes, sendo 6 professores eméritos, 199 funcionários técnicos administrativos em educação, 560 alunos de graduação e 466 alunos de pós-graduação. Ele também é responsável por ministrar disciplinas fundamentais de Química para cerca de 2600 alunos de outras unidades da UFRJ, cumprindo seu papel institucional.



Novas instalações do Ladetec/Polo de Química

O IQ oferece, atualmente, quatro cursos de graduação: Química – Atribuições Tecnológicas, Bacharelado em Química, Licenciatura em Química – Presencial e Licenciatura em Química – Semipresencial (à distância). Na pós-graduação são, atualmente, cinco programas: Química (PGQu), Bioquímica (PGBq), Ciência de Alimentos (PGCAl), Mestrado Profissional em Ensino de Química (PEQui) e Mestrado Profissional em Rede em Química (PROFQui). Há ainda coparticipação no Programa de Pós-Graduação em História das Ciência e das Técnicas de Epistemologia (HCTE), junto com a COPPE e o NCE.

Além da excelência no ensino e na pesquisa, o IQ-UFRJ vem atuando, cada vez mais, na extensão universitária. Projetos como o "Conhecendo o IQ" e o "Museu da Química" atraem inúmeros estudantes do ensino médio, com visitas e palestras orientadas, que mostram a importância da Química em nossas vidas. É uma forma divertida e eficiente de atrair novos alunos para cursarem Química.

Desde 2016 ocorre o Encontro Anual do IQ, que é um evento para congregar docentes, discentes, funcionários, pesquisadores, ex-docentes, ex-discentes, ex-funcionários, colaboradores e amigos do IQ-UFRJ, para uma solenidade acadêmica e congraçamento geral.

No Encontro são homenageados docentes, discentes e funcionários pelo destaque que tiveram



Museu da Química, Prof. Athos da Silveira Ramos, mostrando parte do acervo

nas suas respectivas atividades no ano corrente. Carinhosamente chamada pelos alunos de *IQ Awards*, as Medalhas Comemorativas viraram uma tradição e são entregues anualmente em oito diferentes modalidades.

Recentemente, as grades curriculares dos cursos de graduação, sobretudo o de Química – Atribuições Tecnológicas e o de Bacharelado em Química, foram modificadas para atender às necessidades de mercado para estes profissionais, tendo, também, um olhar para o futuro.

Ciência e Tecnologia são atividades dinâmicas e estão em constante evolução. Os cursos de graduação do IQ precisam acompanhar este ritmo, de maneira que os discentes formados possam ser rapidamente inseridos no mercado de trabalho.

O mundo caminha no sentido da sustentabilidade, onde aspectos ambientais relacionados a produtos e processos químicos serão de grande importância. Porém, o triângulo da sustentabilidade também passa pelos aspectos econômicos e sociais.

É com esta vertente de sustentabilidade que o IQ-UFRJ pretende formar seus profissionais, tanto de graduação como de pós-graduação, para que possam atender aos anseios e necessidades da sociedade por "muitos mais 60 anos".





III Encontro Anual do IQ (2018):
Na foto a esquerda, premiação da Medalha Joab Trajano Silva,
destaque jovem docente; da esquerda para a direita, Prof. Claudio Mota, diretor do IQ,
Prof. Sérgio Paula Machado, Profa. Fernanda Veronesi Marinho Pontes,
vencedora da edição, e Profa. Marlice Sípoli Marques, vice-diretora do IQ.
Na foto à direita, além do diretor e da vice-diretora nas pontas,
a Profa. Rosane San Gil, diretora adjunta de graduação (esquerda) e
a aluna do curso de Química – Atribuições Tecnológicas, Anna Karolina Gomes,
destaque discente de graduação da edição de 2018

Ecos de um CBQ distante

14° Congresso Brasileiro de Química

17 anos da realização do primeiro certame nacional de química na capital paranaense, o Congresso Brasileiro de Química voltou ao estado do Paraná, desta feita para a sua 14ª edição. Jayme da Nóbrega Santa Rosa, fundador e Editor desta Revista, e membro ativo da ABQ, participou deste CBQ, não apenas fazendo a cobertura do mesmo, mas igualmente apresentando trabalho.

Três meses antes do evento, Jayme publicou na RQI (ver abaixo) a chamada para inscrição e envio de trabalhos. Percebe-se que além do cuidado com a programação científica, havia uma grande preocupação com a integração de seus congresssitas, espelhado pela programação social e pelas visitas técnicas e culturais oferecidas a eles.

A cidade de Curitiba modernizava-se, tendo experimentado um grande crescimento populacional entre os dois CBQs: de cerca de 100 mil em 1943 para quase 400 mil em 1960.

A Comissão Executiva era composta por membros da Escola de Química da Universidade do Paraná (atual UFPR), do Instituto de Biologia e Pesquisas Tecnológicas, e de químicos de instituições particulares, a qual recebeu apoio do governo do estado e do setor industrial local. Foi um dos primeiros congressos em que os participantes receberam uma pasta contendo papel, caneta, mapas, guia da cidade, dentre outros itens úteis.

O período de realização do congresso foi marcado pelas baixas temperaturas em Curitiba, "novidade para muitos e conforto dos habitantes do sul brasileiro".

No dia 18 à tarde, inaugurou-se a Exposição Industrial, na Escola de Química da Universidade do Paraná, onde os mais variados produtos das indústrias paranaenses foram exibidos (produtos químicos, óleos vegetais, alimentos, cerveja, mate, cimento, porcelanas e cerâmicas, celulose, papel, couros e peles e produtos siderúrgicos).

XIV Congresso Brasileiro de Química

SUA REALIZAÇÃO EM CURITIBA

O próximo congresso de química promovido pela Associação Brasileira de Química será realizado em Curitiba, no período de 17 a 25 de julho do corrente ano.

No dia 17 haverá as inscrições, reunião do Conselho e instalação solene.

De 18 a 21 serão efetuadas as reuniões das Divisões Científicas, bem como conferências com debates.

À tarde do dia 21 realizar-se-á a assembléia geral. À noite, os congressistas reunir-se-ão num jantar de confraternização, tradicional nos congressos nacionais da ABQ.

No programa de excursões, figuram as seguintes : dias 22 e 23 — Visita à grande fábrica de celulose e papel de Monte Alegre (Klabin) e à Foz do Iguaçu; dia 22 — Visita à Cidade de Paranaguá; dia 23 — Visita à Vila Velha.

Haverá passeios e visitas curtas a pontos e fábricas da capital e arredores, de acôrdo com programas a ser estabelecidos e conforme os desejos de grupos.

Os resumos dos trabalhos técnicos ou científicos, que forem apresentados, deverão ser entregues à Comissão em Curitiba até o dia 15 de junho. Os trabalhos deverão ser apresentados até o dia 17 de julho e obedecerão às normas vigentes da ABQ para publicação.

Chamada para participação no 14° CBQ, publicada no número 336 (abril de 1960) da Revista de Química Industrial



FOTO: Jayme Sta.Rosa

Aspecto da região central de Curitiba em julho de 1960

Um dos pontos altos deste CBQ, as exposições industriais foram uma característica marcante dos CBQs dos anos 1940 a 1960.

Às 17 horas, no Clube Curitibano, a Prefeitura de Curitiba ofereceu uma recepção aos participantes do 14º CBQ. Às 21 h, deu-se a sessão de abertura, no Salão Nobre da Escola de Engenharia da Universidade do Paraná, com a presença de autoridades do Estado e do Reitor da Universidade do Paraná, Prof. Flávio Suplicy de Almeida.

68 trabalhos foram inscritos e apresentados, classificados nas seguintes áreas temáticas: química analítica (a mais numerosa), química orgânica e biológica, química industrial e engenharia química, química bromatológica e toxicologia, história e ensino da química, radioquímica e química inorgânica. Acrescentam-se mais 12 que chegaram depois do prazo limite de submissão, e cuja divulgação foi restrita à sessão em que melhor se enquadravam.

A Comissão Executiva fez uma observação a respeito do perfil dos congressistas: "fato auspicioso é este, de verificar que as Universidades estão dando crescente atenção à pesquisa cientifica". 44% dos trabalhos deste CBQ vieram de universidades (das atuais UFRGS, UFRJ, UFPR, USP, UFMG, UFBA, PUC-RJ), 12% do setor industrial e 44% de institutos governamentais de pesquisa (INT, IPT, INPA, CNPq etc.), inclusive do Exército e da Marinha.

Embora a maioria dos participantes fosse dos estados do Sul e do Sudeste, havia representantes dos estados da Bahia, Amazonas, Pará e Pernambuco. "Era o Brasil químico, de norte a sul, unido em Curitiba!". As congressistas tiveram uma acolhida toda especial: mulheres estudantes de química ou engenharia química integravam a equipe de apoio, com o objetivo de "pôr as senhoras visitantes perfeitamente à vontade".

Tal como o 4º CBQ, de 1943, a acolhida dos paranaenses aos participantes do 14º CBQ foi muito marcante. Experiência que o próprio Jayme Santa Rosa teve a oportunidade de vivenciar nos dois eventos, ressaltando com muito vigor que "o paranaense atuou com eficiência junto às autoridades governamentais e ao setor industrial, prevendo e realizando o melhor em favor dos congressistas, atestado pelo pleno êxito de tão animada quanto proveitosa reunião de químicos." O estado do Paraná, após a última passagem do CBQ em 1974 (18º CBQ), sediará o 60° CBQ de Foz do Iguaçu, marcado para 2020. Suas belezas naturais, a hospitalidade de seus habitantes e a qualidade das programações estruturadas, que tanto encantaram os congressistas dos CBQs do passado, são motivadores para fazer deste CBQ um marco na história da ABQ e de todos os que vierem a se fazer presentes no evento.

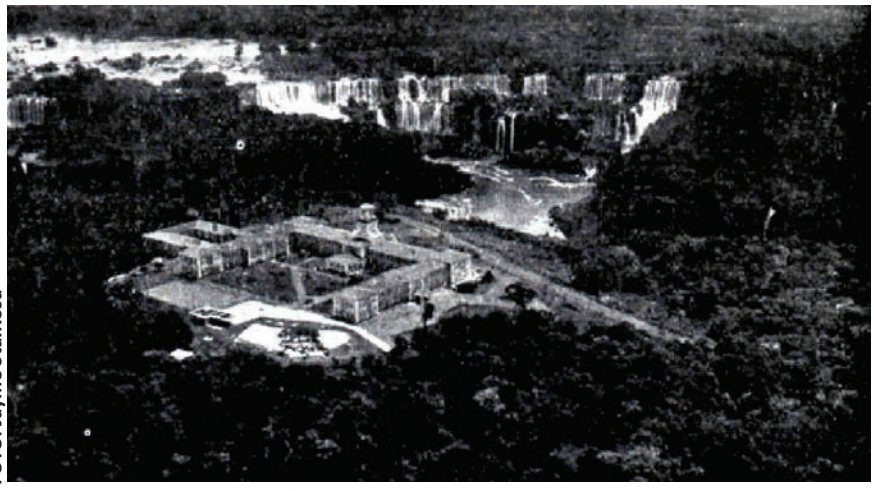


FOTO: Jayme Sta.Rosa

Cataratas do Iguaçu (um dos passeios propostos aos participantes do 14º CBQ), vendo-se no meio da mata o Hotel das Cataratas

Referências

Revista de Química Industrial, ano XXIX, n° 336, abril de 1960, p. 26.

Revista de Química Industrial, ano XXIX, n° 340, agosto de 1960, p. 13-17.

Revista de Química Industrial, ano 87, n° 763, 2º trimestre de 2019, p. 44-45.

PIONEIROS DA QUÍMICA

Otto Alcides Ohlweiler



Otto Alcides Ohlweiler nasceu em Porto Alegre, capital do estado do Rio Grande do Sul, em 31 de outubro de 1914. Era filho de Rosa Regina Fett Ohlweiler e Otto Carlos Augusto Ohlweiler. Contraiu poliomielite nos primeiros anos de vida, o que lhe deixou sequelas nas duas pernas e no braço direito. Ainda na infância, submeteu-se a duas cirurgias. Apesar da fragilidade física, gostava de acampar, caçar e pescar. Desde cedo mostrou interesse pela filosofia, pela política e pelas ciências exatas.

Fez seus estudos ginasiais no Colégio Anchieta dos padres jesuítas, terminando o curso em 1931. Em 1935, diplomou-se em Química Industrial pela Escola de Engenharia da então Universidade Técnica de Porto Alegre. Em 1936, foi admitido como assistente da cadeira (disciplina) de Química Inorgânica da então Escola de Engenharia de Porto Alegre. Com a criação da cadeira de Química Analítica Quantitativa, por volta de 1940, passou à regência desta. Em 1947, ingressou no magistério superior (cátedra) através de concurso de provas e títulos, aprovado com distinção. A aprovação em concurso à cátedra valeu-lhe, segundo as normas vigentes na época, o recebimento do título de Doutor. Ocupou a cátedra até aposentar-se em 1979. Também lecionou a disciplina de Química Analítica Quantitativa na Faculdade de Filosofia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) a partir de sua fundação. Após aposentar-se de suas atividades docentes, prosseguiu ligado à UFRGS na qualidade de bolsista do CNPq.

Durante a sua passagem pela Escola de Engenharia da UFRGS desempenhou as seguintes funções administrativas: chefia do Instituto de Química, chefia do Departamento de Química Inorgânica e membro do Conselho Técnico-Administrativo, com sucessivas reconduções.

Escreveu oito obras didáticas nos campos da Química Geral, Química Inorgânica e Química Analítica Quantitativa, que foram e continuam sendo adotados como livros de texto em Universidades e Institutos de todo país. Publicou cerca de cinquenta trabalhos em periódicos científicos nacionais e estrangeiros.

Outros lados fortemente marcantes de sua vida foram o envolvimento na política e as questões filosóficas. A partir de 1942, Otto escreveu no jornal Correio do Povo, de Porto Alegre, uma série de artigos sobre temas filosóficos e também sobre questões políticas, aproveitando as oportunidades para burlar a censura e, ao mesmo tempo, estigmatizar o regime estado-novista e a política de Vargas que se inclinava em favor do eixo Berlim-Roma-Tóquio. Nesta mesma época, à frente de um grupo de intelectuais democratas, organizou a Associação de Diplomados pela Universidade de Porto Alegre – de que foi presidente –, e que patrocinou a realização de numerosas conferências de orientação antifascista e em prol da restauração das liberdades democrático-burguesas no país. Em consequência de suas posições antifascistas, acabou aproximando-se de jovens e militantes comunistas. Desde muitos anos vinha se dedicando ao estudo dos clássicos da filosofia e, agora, tinha acesso à literatura marxista.

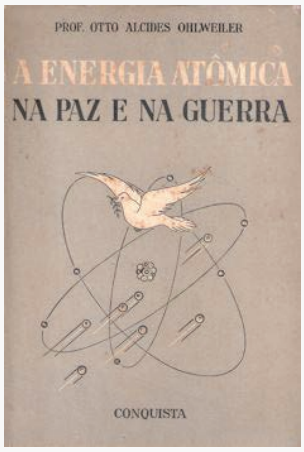
Adotou, então, a concepção materialista do mundo e da história de Marx e Engels. Já em 1939, no seu ensaio Materialismo e Moral, tinha rompido com o idealismo como concepção filosófica, para situar-se no campo do materialismo mecanicista, o que lhe fora facilitado pelo conhecimento dos métodos das ciências exatas. Seu primeiro escrito em que realmente tenta valer-se das categorias filosóficas marxistas foi o ensaio Aspectos do Pensamento Mágico, publicado em 1944 pela Federação dos Estudantes Universitários de Porto Alegre.

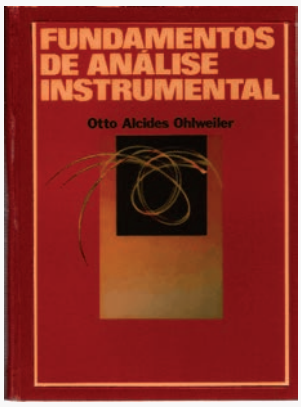
Em fins de 1941, ingressou no Partido Comunista do Brasil. Ocupou a Secretaria Geral do Comitê Regional até fins de 1945, quando passou o cargo, já com o partido na legalidade, às mãos do operário metalúrgico Abílio Fernandes. Continuou no Secretariado do Comitê Regional até 1947. Em 1946, foi colaborador e diretor do diário Tribuna Gaúcha, mantido pelo Partido. Em 1947, foi eleito deputado estadual para a Assembleia Legislativa do Rio Grande do Sul, como o representante mais votado da bancada do Partido, mas, após breve atuação parlamentar, renunciou a fim de preparar-se para o concurso que o levou ao magistério superior na então Universidade do Rio Grande do Sul.

Na década de 1950, envolveu-se ativamente nas campanhas em favor do monopólio estatal do petróleo - O Petróleo é nosso - e da preservação dos recursos naturais de caráter estratégico. Foi membro da Liga de Emancipação Nacional. Participou da Convenção realizada em 1953, no Rio de Janeiro, nela apresentando a tese A Livre Troca de Informações e a Defesa da Ciência Brasileira. Na mesma época, escreveu o livro A Energia Atômica para a Guerra e a Paz.

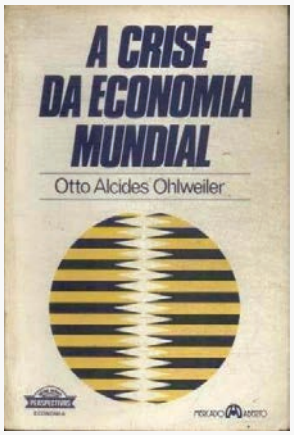
Em 1959, publicou na Revista Brasiliense o artigo "Processo de Desenvolvimento Econômico do Rio Grande do Sul", que, tendo sido considerado um clássico da historiografia econômica do Estado, foi republicado na revista Ensaios da Fundação de Economia e Estatística, em 1983.

Em abril de 1964, foi sequestrado no seu local de trabalho por oficiais do exército. Depois de posto em liberdade, respondeu inquérito na UFRGS ante uma denominada Comissão Especial de Investigação Sumária sob a direção do General Jorge Garrastazu Teixeira, no papel de interventor. Em 1968, com o endurecimento do regime militar, Otto Ohlweiler foi expurgado da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, junto com outros professores. Em 1984, com a abertura política, o Conselho Universitário da UFRGS decide conceder-lhe o título de professor emérito. Ohweiler negou-se a receber a honraria, alegando que não se sentia animado a receber aquela manifestação da mesma Universidade que, em 1964, sob intervenção militar, o pusera diante de um caricato tribunal de repressão para julgá-lo por suas convicções filosóficas e políticas; a Universidade ainda não havia feito suas devidas reformas e democratizado-se de fato.









Porém, a Câmara Municipal de Porto Alegre concedeu-lhe o título de Cidadão Emérito, cuja cerimônia de entrega aconteceu em 6 de novembro de 1984.

Nos últimos anos de vida, Otto Ohlweiler escreveu intensamente sobre filosofia política, publicou livros e artigos nas revistas teóricas Práxis, Teoria & Política e revista Ensaios FEE, e ocasionalmente nos jornais Zero Hora, Diário do Sul e Correio do Povo. Publicou ao total dez livros e vinte e sete artigos sobre filosofia política.

Otto Ohlweiler casou-se com Ondina Siqueira Ohlweiler, com quem teve duas filhas, Maria Rosa Ohlweiler Barbosa e Maria Regina Ohlweiler. Morreu em Porto Alegre em 2 de setembro de 1991, aos 76 anos.

Referências

OHLWEILER, Maria Regina, "Otto Alcides Ohlweiler". Blog pessoal, 2014 (http://ottoalcidesohlweiler.blogspot.com/)). Maria é uma das filhas de Otto Alcides.

SOUZA, Cidara Loguercio, "Um Itinerário, Muitas Memórias: a Cópia da Carta do Prof. Otto Alcides Ohlweiler na Coleção CEUE". Faculdade de Biblioteconomia e Comunicação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

ALVAREZ, Pedro, "Assembléia Legislativa do Rio Grande do Sul - Projeto: "MEMÓRIA PARLAMENTAR: História de vida dos parlamentares gaúchos (1947-1966)". Assembleia Legislativa do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

PIONEIROS DA QUÍMICA

Otto Hugo Heinrich Karl Rothe

Filho de Carl Rothe e Luise Rothe, Otto Rothe nasceu em Weimar, Alemanha, em 10 de outubro de 1887. Teve uma educação esmerada, estudando filosofia e química nas universidades de Genebra, Leipzig e Jena. Prosseguindo em seus estudos, doutorou-se em filosofia com uma tese de química em 1911 (sobre dois métodos da determinação de misturas alelotrópicas). Ainda em 1911, iniciou sua carreira acadêmica como assistente na Faculdade de Filosofia da Universidade de Jena e na Universidade Técnica Alemã de Praga até 1914; após o final da I Guerra Mundial dirigiu o ensino prático de química orgânica na Universidade de Hamburgo de 1919 a 1920. Atraído pelas oportunidades de contratação de docentes para lecionar nos recém-criados cursos de química industrial no Brasil, Otto Rothe decidiu emigrar, chegando a Porto Alegre em março de 1920, contratado para atuar como professor de química orgânica e bromatológica do curso de química industrial da Escola de Engenharia. Permaneceu na capital gaúcha até 1923, colaborando para a criação do Instituto de Química local. De 1924 a 1930, Otto Rothe atuou como professor de química orgânica e industrial orgânica da Escola de Engenharia da Universidade de Minas Gerais, em Belo Horizonte, vindo a dirigir o Instituto de Química (que ele mesmo ajudou a fundar) a partir de 1926. Ainda na capital mineira, atuou como professor nas disciplinas de práticas de fisiologia das plantas (Faculdade de Medicina) e Química Industrial Farmacêutica e Orgânica (Faculdade de Farmácia) da referida Universidade no período 1931-1934.

Sua vida tomou novo rumo em 1934. Aprovado em concurso público, ingressou em março daquele ano na recém-criada Escola Nacional de Química (atual Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro), na qualidade de professor catedrático de tecnologia orgânica. Atuou interinamente junto ao Laboratório Central da Produção Mineral (LPM), onde organizou a seção de combustíveis. Lecionou química orgânica na Faculdade de filosofia, ciências e letras da Universidade do Distrito Federal (UDF) até a extinção desta em 1937. A partir daí, dedicou-se ao ensino na Escola Nacional de Química da então Universidade do Brasil até sua aposentadoria compulsória, aos 70 anos, em outubro de 1957. Foi por diversas vezes homenageado em turmas de formatura.



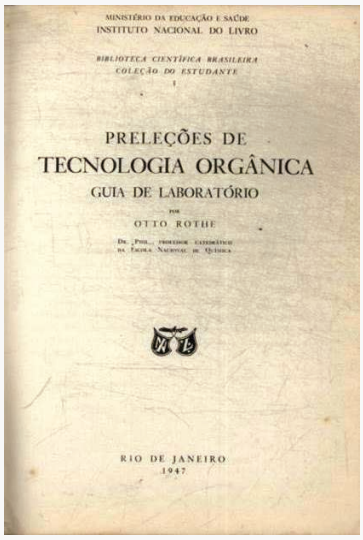
Baile de formatura dos alunos de Química Industrial da Escola Nacional de Química, 1945. O Prof. Otto Rothe, paraninfo, está no centro da imagem

Ao lado de sua intensa atuação docente, Otto Rothe também foi pesquisador, tendo publicado, tanto na Alemanha como no Brasil, diversos trabalhos

(mais de 50 no total), a grande maioria deles com foco na química orgânica, mas também se encontram contribuições nas áreas de química geral e ensino de química. Notabilizou-se também por redigir obras visando ao ensino da química orgânica; duas dela merecem destaque: "Química Orgânica" (1929), componente da Biblioteca Científica Brasileira, e "Preleções de Tecnologia Orgânica", em dois volumes (1947), pelo Instituto Nacional do Livro e também integrante da Biblioteca Científica Brasileira. Nesse particular, Otto Rothe apresentou o célebre trabalho "Nomenclatura de Química Orgânica" por ocasião do 11º Congresso Brasileiro de Química, em São Paulo (1954) e da 13ª edição, ocorrida em Salvador (1958), o qual serviu para estruturar a sistematização em língua portuguesa no início da década de 1960 (Comissão de Nomenclatura de Química Orgânica).

Otto Rothe participou do I Congresso Brasileiro de Química, na qualidade de um dos representantes da Escola de Engenharia de Porto Alegre (o outro conferencista era Erick Shirm), tendo apresentado três dos cinco trabalhos oriundos desta Escola. Tornou-se sócio da Sociedade Brasileira de Química, a *alma mater* da Associação Brasileira de Química de hoje, e foi um dos autores pioneiros a publicar trabalhos no volume 1, número 1, da Revista Brasileira de Química, em agosto de 1929 (mais tarde Revista da Sociedade Brasileira de Química), o primeiro periódico de química do Brasil. Nesse periódico, Otto publicou sete trabalhos. Palestrou para esta sociedade em agosto de 1931 (Reação ente o amoníaco e o ácido acetonoxálico), e ainda para a Escola Politécnica e a Associação Brasileira de Educação em julho de 1935 (A Gasolina do Carvão). Participou do 2º Congresso Brasileiro de Química e do III Congresso Sul-Americano de Química, ambos em 1937; Otto publicou dez trabalhos nos anais deste último evento. A Revista de Química Industrial conta com seis trabalhos de sua autoria. Foi membro da Comissão Executiva do IV Congresso Sul-Americano de Química, realizado em Santiago (Chile) em 1948.

Em 1941, Otto Rothe filiou-se à Associação Química do Brasil (AQB), e manteve-se como sócio da Associação Brasileira de Química após a união da AQB com a Sociedade Brasileira de Química em 1951. Participou de diversos Congressos Brasileiros de Química das décadas de 1940 e 1950, como já exemplificado anteriormente.


MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E SAÚDE
INSTITUTO NACIONAL DO LIVRO

BIBLIOTECA CIENTÍFICA BRASILEIRA
COLEÇÃO DO ESTUDANTE

PRELEÇÕES DE
TECNOLOGIA ORGÂNICA
GUIA DE LABORATÓRIO

POR

OTTO ROTHE

RIO DE JANEIRO
1947

Assim, em reconhecimento à sua atuação como pesquisador e docente, foi admitido como membro titular da Academia Brasileira de Ciências (posse em novembro de 1950); foi também correspondente honorário da Academia Alemã de Ciências. Foi diretor por doze anos do setor de pesquisas químicas do CNPq (1955-1967). Ao deixar esse cargo, Otto foi agraciado com uma placa de prata entregue pelo então presidente do CNPq (Antônio Moreira Couceiro) em vista dos relevantes serviços prestados àquele órgão de fomento à pesquisa nacional.

Otto Rothe se casou em 1932 com Érica Regina Rothe. Desta união nasceram Maria Luísa e Carlos Frederico. Faleceu no Rio de Janeiro em 6 de dezembro de 1971, aos 84 anos.

REFERÊNCIAS

"Academia Brasileira de Ciências". Jornal do Commercio do Rio de Janeiro, 5 de novembro de 1950, p. 4.

"Academias e Escolas". Correio da Manhã, 7/7/1935, p. 12.

"Homenagem a Mestre". Correio da Manhã, Rio de Janeiro, 20 de maio de 1967, 2º caderno, seção roteiro, p. 3.

Índice Biográfico de Sócios da Associação Brasileira de Química, 3ª edição. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Química, 1957, p. 146-147.

Índice Biográfico de Sócios da Associação Química do Brasil, 2ª edição. Rio de Janeiro: Associação Química do Brasil, 1943, p. 117-119.

"*Nomenclatura definitiva: um dos pontos altos do Simpósio de Química*". Correio da Manhã, Rio de Janeiro, 3 de dezembro de 1960, p. 10.

ROTHE**,** Otto. "*Ensino de Química*"**.** Ciência e Cultura, São Paulo, v. 18, n. 1, p. 49, 1966.

"Sociedade Brasileira de Chimica – Conferências Públicas". Diário de Notícias, 19 de agosto de 1931, p. 6.

PIONEIROS DA QUÍMICA

Otto Richard Gottlieb

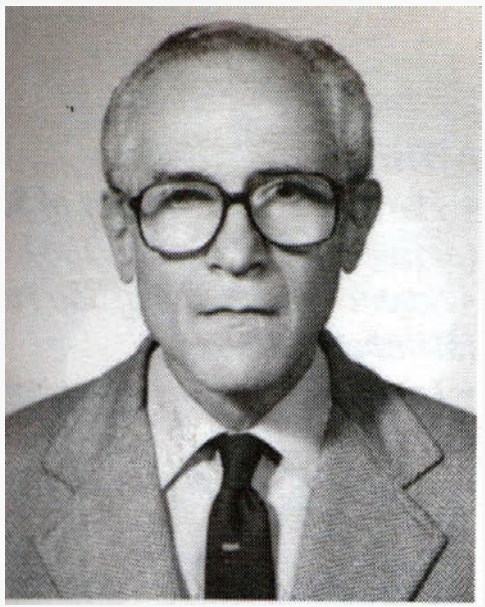


FOTO: ABC

Otto Richard Gottlieb nasceu em Brno, República Tcheca, em 31 de agosto de 1920. Sua família paterna tinha forte relação com a química. Seu avô possuía uma fábrica de louça esmaltada na República Tcheca. Seu pai, Adolf Gottlieb, cursou química e trabalhava nessa indústria. Viajou à Argentina em 1919 para verificar uma suspeita de infração de uma patente da fábrica. Passando pelo Rio de Janeiro, veio a conhecer sua esposa, Dora Ornstein, nascida em Petrópolis. Seu pai, Hugo, era dono de uma empresa de exportação de café na então capital federal. Casaram-se em 1920. Além de Otto, desta união nasceram Peter, Felix Victor e Marie Lisbeth.

Com a morte do pai de Dora no Rio de Janeiro em 1936, os pais de Otto e o irmão Peter tiveram de vir ao Brasil, vindo a radicar-se aqui. Marie foi enviada para a Suíça. Otto e seu irmão Felix foram estudar na Inglaterra, completando o equivalente ao atual ensino médio. Com a finalização desses estudos e a iminência da II Guerra Mundial, Otto e Félix decidiram emigrar para o Brasil em 1939, juntando-se à família.

Dois anos depois, naturalizou-se brasileiro, e ingressou no curso de Química Industrial da Escola Nacional de Química da Universidade do Brasil (atual Escola de Química da UFRJ) por exame vestibular, graduando-se em 1945. Durante sua trajetória discente, foi muito estimulado pelos professores Otto Rothe (1887-1971), patrono de sua turma de formatura, e José de Freitas Machado (1881-1955). Otto participou ativamente dos trabalhos da revista *Química*, fundada e publicada pelos estudantes da Escola. Ele está presente em seu número 1, de abril de 1945, como autor da tradução de um artigo do *Journal of Chemical Education* sobre a hidrogenação de óleos vegetais. Desde o início de sua carreira, fascinava-se pela química das substâncias produzidas nas plantas do Brasil. Logo após formar-se, foi trabalhar com seu pai numa indústria que ele próprio fundara, e que produzia óleos essenciais a partir de plantas da Amazônia. Permaneceu lá por dez anos. Foi para Israel em 1955 com uma bolsa do CNPq e do National Cancer Institute para integrar um dos mais importantes grupos de pesquisa sobre produtos naturais da época, o Instituto Weizmann de Ciências, iniciando uma investigação sobre o isolamento de substâncias químicas de plantas e a determinação de sua estrutura.

De volta ao Brasil, assumiu o cargo de tecnologista do Instituto de Química Agrícola (IQA), ligado ao Ministério da Agricultura, até sua extinção em 1962. Foi lá onde Otto começou a carreira acadêmica e fez importantes descobertas sobre o pau-rosa, árvore nativa da Amazônia.

Em 1964, foi trabalhar como professor visitante no laboratório da Universidade de Sheffield na Inglaterra e viajou para os Estados Unidos para um mês de estágio na Universidade de Indiana. No mesmo ano, retornou ao Brasil para chefiar a implantação do laboratório de fitoquímica da Universidade de Brasília (UnB), mas deixou

a instituição no ano seguinte, em protesto contra as perseguições do regime militar. Nos anos seguintes, dedicou-se à criação de grupos de pesquisas em produtos naturais em Minas Gerais (UFMG), Rio de Janeiro (UFRRJ), São Paulo (USP) e Pernambuco (UFPE). Na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), obteve o doutorado e o título de livre-docente em 1966. No ano seguinte, a convite de Paschoal Senise, criou o laboratório de Química de Produtos Naturais no Instituto de Química da Universidade de São Paulo , onde se tornou professor titular em 1975, vindo a se aposentar em 1990, aos 70 anos. Em seguida, retornou ao Rio de Janeiro para trabalhar como pesquisador na Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), no antigo Departamento de Fisiologia e Farmacodinâmica até 2001, quando foi para a UFF (Universidade Federal Fluminense) na qualidade de professor visitante. Além da UFF, foi professor ou cientista visitante nas Universidades de Sheffield, Indiana, Hamburgo, e no Instituto Weizman.



8º Congresso Brasileiro de Química, Recife, 1949. Otto Gottlieb está com seu queixo apoiado na mão esquerda

As pesquisas iniciais de Otto Gottlieb focavam os componentes químicos das plantas da flora brasileira. Ele mapeou centenas de espécies e estabeleceu índices para o comportamento delas, possibilitando a medição e compreensão da biodiversidade de ecossistemas. Seus estudos também resultaram na descoberta de substâncias como as neolignanas, de grande importância para a medicina, que têm efeitos comprovados contra a doença de Chagas e propriedades antiinflamatórias. Entre as espécies estudadas por Otto Gottlieb estão as lauráceas, a que pertencem o sassafrás e o louro, e as miristicáceas, representada pela noz-moscada. Seus estudos sobre a canela também resultaram em aplicações medicinais, fitoterápicas e culinárias da espécie, além de propriedades aromáticas utilizadas na indústria cosmética. Nesse aspecto ele é o pioneiro no estudo da biodiversidade brasileira como fonte de produtos de enorme potencial na descoberta de novos medicamentos e de outros agentes bioativos.

Sua contribuição profissional no Brasil visava em resumo dois aspectos: formação de naturalistas e compreensão da natureza. Com respeito ao primeiro tópico, orientou 52 dissertações de mestrado e 68 teses de doutorado, lecionando aos seus pós-graduandos (oriundos de diversas regiões brasileiras além de Colômbia, Costa Rica, Israel, México, Portugal e Tailândia) disciplinas pioneiras, baseadas inclusive em pesquisa própria; fundou e orientou grupos de pós-graduação e pesquisa em Química Orgânica e em Produtos Naturais em várias instituições. Cita-se que Otto era um "professor muito simples no trato com as pessoas, mas, ao mesmo tempo, rígido e extremamente metódico na condução de suas pesquisas".

Com respeito ao segundo aspecto, sem nunca abandonar as bases, o isolamento e a determinação estrutural de constituintes de plantas brasileiras, sempre tentou explicar a vida sobre a Terra através da química. Integrando-a à biologia, à ecologia e à geografia, Gottlieb desenvolveu uma nova área de estudo no campo da química de produtos naturais: a sistemática bioquímica das plantas, também chamada de quimiossistemática ou taxonomia química, que consiste na identificação de



FOTO: Centro de memória da USP

Otto Gottlieb na Universidade de São Paulo em 1967

grupos de substâncias químicas presentes nas plantas.

Entre os conceitos figuram a teoria redox (divulgado em artigo publicado na revista *Natural Products Letters* em 1993, em coautoria com a Profa. Maria Auxiliadora Kaplan, da UFRJ), em substituição à teoria da defesa, pela qual as espécies precisam se adaptar a processos antagônicos de luta por e contra a água e o oxigênio para sobreviver, isto é, tanto a água como o oxigênio podem ser benéficos ou maléficos se estiverem em excesso ou falta; interdependência de metabolismo macro- e micromolecular, função do metabolismo em sinalização celular. Entre os métodos cabe citar: dedução de perfis moleculares de grupos vegetais: quantificação de parâmetros estruturais moleculares.

Ambos, conceitos e métodos, foram utilizados por seus grupos para esclarecer questões da evolução, classificação e ecologia, para racionalizar a busca de substâncias bioativas no reino vegetal, e para quantificar biodiversidade unindo aspectos ecogeográficos, morfológicos e metabólicos dos organismos.

O conjunto das evidências experimentais levou à compreensão que origem e desenvolvimento de plantas envolvem oscilação de forças antagonísticas (ativadoras/inibidoras). Uma frase pode ser tomada como a síntese desse modo de olhar para as plantas: "Cada planta tem centenas de substâncias, e uma delas pode ser mais importante que uma galáxia."

Em seu livro *Biodiversidade: um enfoque químico biológico* (1996), escrito em coautoria com Maria Kaplan e Maria Renata Borin, da Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), Gottlieb disse que, através do estudo da evolução, é possível elaborar uma "sistemática vegetal capaz de levar a uma ecologia mais exata". A partir dessa constatação, ele se dedicou à reflexão de conceitos sobre questões fundamentais referentes ao funcionamento da natureza.

Otto Gottlieb considerava que, no século XXI, a compreensão dos mecanismos da natureza era de importância essencial para o futuro da vida no planeta Terra e constituía o desafio mais significativo para os cientistas que viveriam nas últimas fronteiras biológicas.

Nada revela melhor o impacto do seu trabalho do que a citação que consta do diploma de Doutor *Honoris Causa* conferido pela Universidade de Hamburgo, Alemanha: "A Universidade visa honrar o cientista e mestre reconhecido mundialmente que, através de sua síntese interdisciplinar da química de plantas e da investigação em evolução botânica, abriu novos caminhos para a ciência".

Otto Gottlieb fundou inúmeros grupos de pesquisa pelo país, lecionou cursos de natureza diversa, organizou um grande número de congressos, reuniões científicas e simpósios e, acima de tudo, influiu diretamente, de forma original e fecunda, no desenvolvimento da química brasileira e na formação de cientistas competentes que dão hoje seguimento à sua obra. Muitos de seus discípulos são cientistas e professores notáveis, com reputação internacional e carreiras expressivas. Fora da química, uma dos interesses mais relevantes era a música, particularmente a ópera.

Durante sua vida Otto montou uma biblioteca própria sobre recursos naturais com aproximadamente dois mil livros.

Sua pesquisa científica resultou em mais de 700 artigos (incluindo livros, capítulos de livros e patentes); mais de 600 conferências (no Brasil e em outros 26 países); cerca de 1.200 comunicações em congressos no país e exterior; cerca de 150 cursos ministrados; mais de 200 bancas examinadoras; mais de 120 alunos orientados. É considerado o cientista brasileiro que mais chegou perto de um Prêmio Nobel, sendo indicado nos anos de 1998, 1999 e 2000 por estudos sobre a estrutura química das plantas, que permitem analisar o estado de preservação de vários ecossistemas. Com seu trabalho, revelou a biodiversidade da flora brasileira, promoveu a fitoquímica no país, foi considerado o maior nome em química de produtos naturais da América Latina, e tornou-se referência mundial no tema.

Otto possui títulos de Doutor ou Professor Honoris Causa, das Universidades Federais de Alagoas, Minas Gerais, Bahia, Paraíba, Rural do Rio de Janeiro, São Carlos, Fluminense, Rio de Janeiro, Universidades Estaduais Paulista e de Campinas, e Universidade de Hamburgo. Recebeu um grande número de importantes prêmios e honrarias nacionais e internacionais.

Por exemplo, em 1977, foi o primeiro profissional de química a receber o Prêmio Fritz Feigl, criado pelo Conelho Regional de Química - IV Região; foi agraciado com o Prêmio Anísio Teixeira, concedido pela Prefeitura da cidade do Rio de Janeiro, em 1986. Foi membro de várias academias científicas do mundo como a Academia Brasileira de Ciências (posse em dezembro de 1961). Pertenceu ao corpo editorial de muitas revistas internacionais. Todas as honrarias que recebeu em vida são um verdadeiro reconhecimento à obra de um dos maiores cientistas brasileiros.

Otto filiou-se à Associação Química do Brasil (AQB) em 1945, permanecendo como membro ativo da Associação Brasileira de Química após a fusão da AQB com a Sociedade Brasileira de Química em 1951. Foi presidente da Seção Regional do Rio de Janeiro, então Distrito Federal. Participou ativamente de inúmeros Congressos Brasileiros de Química a partir de 1949. Foi editor dos Anais da Associação Brasileira de Química. Integrantes sua vasta produção científica, contam-se oito trabalhos na Revista de Química Industrial, treze nos Anais da Associação Brasileira de Química, e um nos Anais da Associação Química do Brasil. Otto sempre esteve muito próximo da ABQ e de suas atividades.

Otto Gottlieb se casou com Franca Gottlieb em outubro de 1947. Teve três filhos: Hugo Emílio, Raul César e Marcel Bernardo. Hugo seguiu a carreira do pai. Morreu no Rio de Janeiro em 19 de junho de 2011, aos 90 anos. Está sepultado no Cemitério Comunal Israelita. "*Sua vida e obra são exemplos para os pessimistas ou derrotistas, ao demonstrar o muito que se pode fazer em ciência no Brasil, a despeito de todas as adversidades que nos assolam*."

REFERÊNCIAS

BOLZANI, V. da Silva. "Ao grande cientista Otto Richard Gottlieb, um pequeno ensaio de despedida". Revista Brasileira de Farmacognosia. Sociedade Brasileira de Farmacognosia, v. 21, n. 3, 2011, 3 pp.

CAPARICA, C. "Otto Gottlieb impulsionou a química de produtos naturais". Ciência e Cultura, São Paulo, v. 64, n. 1, 2012, p. 10-11.

FILGUEIRAS, C. A. L. Discurso proferido em 22 de agosto de 2003, por ocasião da outorga do diploma de Doutor Honoris Causa pela Universidade Federal do Rio de Janeiro ao Professor Otto Richard Gottlieb.

GOTTLIEB, O. R. "Otto Gottlieb (depoimento, 1977)". Rio de Janeiro, Centro de Pesquisa e Documentação de História Contemporânea do Brasil, Fundação Getúlio Vargas, 2010, 121 p.

http://www.abc.org.br/~ogottlieb, acessado em Agosto de 2019.

http://www.fiocruz.br/ioc/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=1554&sid=77, acessado em Agosto de 2019.

Índice Biográfico de Sócios da Associação Brasileira de Química, 3ª edição. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Química, 1957, p. 71-72.

ROMEU, L. "Otto Richard Gottlieb". https://slideplayer.com.br/slide/1609434/ acessado em Julho de 2019.

PIONEIROS DA QUÍMICA

Alfredo Schaeffer

Alfredo (Alfred) Schaefer é filho de Isidoro Schaeffer e Ernestina Schaeffer. Nasceu em Bramitz, Alemanha, em 8 de abril de 1879. Graduou-se em Química e doutorou-se em Filosofia pela Universidade de Munique em 1906. Atuou como professor e pesquisador nessa universidade, como químico na Prefeitura de Hannover, e como diretor do laboratório químico e bacteriológico experimental, instituído pela indústria de laticínios alemã.

Naquela época, o desenvolvimento da ciência acirrou a competição franco-germânica, fazendo crescer o número de profissionais, especialmente na Alemanha, que na virada do século XIX para o XX tinha cerca de quatro mil químicos trabalhando fora das universidades. A imagem do Brasil como uma espécie de "país das oportunidades" incitou muitos químicos, inclusive Schaeffer, a virem para cá. O sonho do "paraíso americano" seduzia, principalmente, uma Alemanha que tinha muitos profissionais químicos, na visão do próprio Schaeffer. Enquanto isso, o governo do estado de Minas Gerais decidiu contratar um profissional para estruturar o Laboratório de Análises do Estado para analisar as suas principais riquezas regionais (como leite, águas minerais e minérios), segundo a concepção do médico Cícero Ribeiro Ferreira Rodrigues (1861-1920), primeiro diretor da Faculdade de Medicina, que idealizou a criação de um laboratório dedicado à análise química, considerado importante para a formulação de diagnósticos. O governo mineiro não hesitou em anunciar as ofertas de emprego em jornais alemães. Em 1907, Schaeffer foi o escolhido. Chegou a Belo Horizonte em 1909.

O Laboratório foi inaugurado em 21 de abril de 1911. As análises do leite que Schaeffer realizava fundamentavam-se em critérios de incontestável valor científico. No que tange às águas para abastecimento, Schaeffer realizou numerosos trabalhos. Por exemplo, ele constatou que as nascentes da então recém-inaugurada capital Belo Horizonte (Cercadinho e Serra), analisadas sob o aspecto físico, químico e bacteriológico, eram boas para o consumo.

Schaeffer era encarregado do exame sistemático das fontes de águas minerais, de grande importância econômica para o Estado na época. As águas minerais de Minas Gerais tinham fama nacional e internacional. Por exemplo, em 1903 as águas de Lambari e Baependy foram premiadas na Exposição Internacional Victório Emanuelle III em Roma; em 1910, Caxambu recebeu a premiação na Exposição Universal de Bruxelas.

Os estudos das fontes de águas minerais de Minas Gerais foram feitos entre 1914 e 1917 (Poços de Caldas, Pocinhos e Caxambu (1914); Cambuquira, Itabira do Campo e Volta Grande (1915); São Lourenço, Lambari e Araxá (1916); Patrocínio e Serra Negra (1917)), e publicados sucessivamente nos relatórios da Diretoria de Higiene do Estado referentes àqueles exercícios e, mais tarde, reunidos no livro "Estudo analytico das águas mineraes do Estado de Minas Geraes."

Na análise das fontes visitadas, usava metodologia padronizada. Eram feitas análises qualitativas em campo, visando determinar propriedades físicas e dosagem dos gases. Esses exames eram importantes para determinar, com base na temperatura da água, se a fonte era termal ou não-termal, a vazão da água, a adequação dos encanamentos e os processos de engarrafamento. O estado das garrafas e sifões, sobretudo a parte metálica, era também vistoriado. No laboratório, mesmo a radioatividade era analisada.

A entrada do Brasil na Primeira Guerra Mundial, em 1917, tornou vulnerável a situação de Alfredo Schaeffer.

Este acabou pedindo exoneração de suas funções. Segundo seu próprio relato, sua exoneração (em outubro daquele ano) foi concedida em condições muito generosas, recebendo, inclusive, uma carta do então Presidente do Estado, Delfim Moreira, escrita em termos mais honrosos e calorosos. Da mesma forma, Schaeffer desligou-se da função de docente de Química Analítica que exercia na Faculdade de Medicina. Mesmo depois da saída do Laboratório de Análises, ele continuou realizando análises das águas minerais, inclusive colaborando, na década de 1930, no Rio de Janeiro, com o Laboratório de Produção Mineral, vinculado ao Ministério da Agricultura. Nessa ocasião, Schaeffer naturalizou-se brasileiro. Por alguns anos, ocupou-se de atividades industriais: produção de lactose e destilação seca da madeira.

Seus estudos com águas minerais valeram a Alfredo Schaeffer reconhecimento nacional. Durante o I Congresso Brasileiro de Química (CBQ), reunido no Rio de Janeiro, em novembro de 1922, foi aprovada a definição do conceito de água mineral proposta por Schaeffer: "água mineral é toda aquela que, pelas suas propriedades físicas ou composição química, se afasta, de tal modo, da média das águas potáveis e de uso comum existentes no país, que possa com vantagem ser utilizada com fins terapêuticos ou como água de mesa naturalmente gasosa". A referência a água de mesa não é gratuita.

O Estado tinha interesse na exportação das águas e era muito importante que as águas de mesa passassem pelos mesmos critérios que as águas europeias. Dentre as suas conclusões, o 1º CBQ adotou para as águas minerais brasileiras os limites mínimos de radioatividade determinados por Schaeffer.

Outra contribuição de Schaeffer para o estudo das águas minerais foi a introdução dos índices de alcalinidade e alcalinidade-terrosa na tecnologia hidromineral. Aprovados no Congresso o trabalho e as sugestões de Schaeffer sobre águas minerais foram incorporados ao Regulamento de Saúde Pública de 1923 e ainda foram o núcleo da classificação adotada pelo Código de Águas Minerais de 1941. Essa classificação das

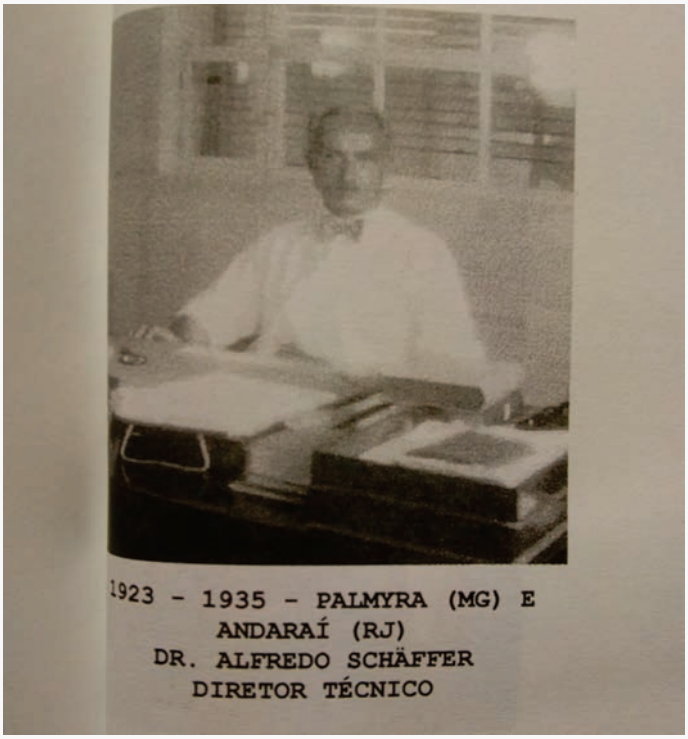


FOTO: Merck S.A.

Alfredo Schaeffer na Merck

águas minerais adota as seguintes categorias: águas ácido-gasosas, alcalinas, alcalino-terrosas, férreas, sulfurosas, termais e radioativas. Para cada categoria, foi determinada a composição específica e os índices mínimos de radioatividade e temperatura necessários na definição das fontes radioativas e termais. Pela análise da mídia impressa da época, o trabalho de Schaeffer apresentado no 1º CBQ foi o de maior repercussão tanto imediata quanto duradoura.

Os estudos de Schaeffer com águas minerais foram determinantes para o desenvolvimento da crenologia (ciência que estuda os efeitos medicamentosos das águas minerais) no Brasil.

A importância do tema levou à fundação da Associação Brasileira da Indústria de Águas Minerais (ABINAM), em 1947, sediada em São Paulo.

Com a chegada ao Brasil da Cia. Química Merck Brasil em 1923, Schaeffer foi contratado para ser diretor técnico da empresa. Mudou-se para o Rio de Janeiro, tendo permanecido na Merck até 1935. Viajou à Alemanha diversas vezes nesse período, tanto para resolver assuntos com a matriz alemã em Darmstadt como para recapacitação na Universidade Técnica de Berlim.

Em seguida, atuou como professor de química analítica e inorgânica na Universidade do Distrito Federal (UDF) até a extinção desta em 1937. No ano seguinte, foi admitido na qualidade de professor catedrático de química inorgânica e química analítica na Escola Técnica do Exército (que, em 1959, fundiu-se com o Instituto Militar de Tecnologia, criado em 1949, dando origem ao atual Instituto Militar de Engenharia – IME). Aposentou-se compulsoriamente em 1949, com as maiores honrarias e distinções. Mesmo aposentado, Schaeffer continuou a atuar como pesquisador, com o lema "pesquisar sem outro interesse que não fosse a busca da verdade e de fatos novos", tendo colaborado com Fritz Feigl (1891-1971) em algumas de suas pesquisas no Laboratório de Produção Mineral, próximo ao IME.

Alfredo Schaeffer foi membro da Academia Brasileira de Ciências desde seus primórdios (Sociedade Brasileira de Ciências, 1917). Foi sócio da Associação Química do Brasil. Ainda em Belo Horizonte, casou-se com Una Schaeffer. Um dos filhos dessa união, Frank Schaeffer (1917-2008), consagrou-se como ilustrador, desenhista e pintor de cunho expressionista, tendo sido reconhecido e premiado diversas vezes no Brasil e no exterior. Alfredo Schaeffer faleceu no Rio de Janeiro em setembro de 1957, causando grande consternação em todas as instituições em que atuou. Seu nome denominou a turma de formandos em engenharia do IME de 1959.

REFERÊNCIAS

"Academia Brasileira de Ciências". JORNAL DO COMMERCIO DO RIO DE JANEIRO, Rio de Janeiro, ano 130, n. 86, 13 de janeiro de 1957, p. 8.

PINTO, M. da Silva. "Prestou muitos serviços ao Brasil no setor da Química". JORNAL DO COMMERCIO DO RIO DE JANEIRO, Rio de Janeiro, ano 131, n. 91, 18 de janeiro de 1958, 1º caderno, p. 3.

CONCLUSÕES DO 1º CONGRESSO BRASILEIRO DE CHIMICA. Rio de Janeiro: Comissão do Centenário, 1922, p. 24.

Índice Biográfico de Sócios da Associação Química do Brasil, 2ª edição. Rio de Janeiro: Associação Química do Brasil, 1943, p. 122.

NOTIME – Noticiário do IME. Rio de Janeiro, Instituto Militar de Engenharia, ano 22, n. 81, 2017, p. 16.

SCHAEFFER, A. Estudo analítico das águas minerais do Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte: Imprensa Oficial, 1923 (trabalho apresentado no 1º Congresso Brasileiro de Química, em 1922).

SCHAEFFER, A. Memórias de 45 anos de trabalho profissional no Brasil. Rio de Janeiro: [s.d.].

SCHRECK, R. S. C. "O poder terapêutico das águas minerais em Minas Gerais: do conhecimento popular ao cientifico". Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2017, 106 p.



Aconteceu na RQI ...

Há
80 anos atrás
Ano 8
número 89
setembro de 1939

- **Columbita e tantalita no Rio Grande do Norte**
  http://www.abq.org.br/rqi/edicoes-1932-1939.html (clicar no número 89, p. 9-13)
- **Sobre a cera de carnaúba**
  http://www.abq.org.br/rqi/edicoes-1932-1939.html (p. 25-26)
- **O ácido oxálico e suas principais aplicações**
  http://www.abq.org.br/rqi/edicoes-1932-1939.html (p. 28)

Há
60 anos atrás
Ano 28
número 329
março de 1959

- **Notas sobre uma resina fóssil do nordeste**
  http://www.abq.org.br/rqi/edicoes-1950-1959.html (clicar no número 329, p. 15-20)
- **Ensino técnico-científico na URSS, nos EUA e em outros países**
  http://www.abq.org.br/rqi/edicoes-1950-1959.html (p. 21-22)
- **Notável a expansão da indústria de cimento Portland no Brasil**
  http://www.abq.org.br/rqi/edicoes-1950-1959.html (p. 23-24)

Há
40 anos atrás
Ano 48
número 569
setembro de 1979

- **Óleo e gás em 1978**
  http://www.abq.org.br/rqi/edicoes-1970-1979.html (clicar no número 569, p. 18-20)
- **Motores de automóveis a álcool**
  http://www.abq.org.br/rqi/edicoes-1970-1979.html (p. 26-27)
- **Óleo de xisto, álcool de mandioca e gás de carvão**
  http://www.abq.org.br/rqi/edicoes-1970-1979.html (p. 27-28)

Há
20 anos atrás
Ano 67, número 715
janeiro/dezembro
de 1999

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

Há
1 ano atrás
Ano 86
número 760
3º trimestre
de 2018

- **50ª Olimpíada Internacional de Química: ouro, prata e bronze para o Brasil**
  http://www.abq.org.br/rqi/2014/760/RQI-760-pagina4-Aconteceu-50-Olimpiada-Internacional-de-Quimica.pdf
- **Química, sociedade e qualidade de vida**
  http://www.abq.org.br/rqi/2014/760/RQI-760-pagina6-Capa-Quimica-sociedade-e-%20qualidade-de-vida.pdf

Associação Brasileira de Química

Regionais da ABQ divulgando a Química no Brasil

ABQ Rio de Janeiro

Química Verde em destaque



ABQ-RJ e Diretoria Técnica-Científica divulgam a Química Verde

No dia 19 de setembro de 2019, o diretor técnico-científico da ABQ, Prof. Robério Fernandes Alves de Oliveira e o Presidente da ABQ-RJ, Prof. Raphael Salles Ferreira Silva, realizaram duas palestras de divulgação da Química Verde no campus Cabo Frio do Instituto Federal Fluminense, Região dos Lagos do estado do Rio de Janeiro, a convite da Profa. Renata Nunes.



Renata Nunes, Robério Oliveira e Raphael Salles

O evento consistiu de três partes:

1ª) Palestra do Prof. Robério intitulada "**Química Verde: Princípios e aplicações".**

2ª) Palestra do Prof. Raphael **"Atividades de pesquisa já desenvolvidas em conformidade com a Química Verde".**

3ª) Perguntas do público e debates.

O evento contou com a participação de mais de 260 pessoas, entre alunos de nível médio, graduação e pós-graduação bem como docentes e pesquisadores da Instituição.

O resultado da realização foi muito bem avaliado pelo público, segundo relato recebido pelos palestrantes por parte dos organizadores.

O Prof. Robério e o Prof. Raphael desejam externar por meio desta um agradecimento à Profa. Renata Nunes pelo convite e reconhecimento para com a Associação Brasileira de Química.



Robério Oliveira em sua palestra para um auditório lotado

Agenda Eventos

Nacionais

59º Congresso Brasileiro de Química - CBQ
João Pessoa, PB, 5 a 8 de novembro de 2019
Info: www.abq.org.br/cbq

20º Congresso Brasileiro de Química Teórica
João Pessoa, PB, 10 a 14 de novembro de 2019
Info: http://www.quimica.ufpb.br/sbqt2019

1º Encontro Nacional de Química e Sustentabilidade - ENQUIS
Rio de Janeiro, 14e 15 de abril de 2020
Info: www.abq.org.br/enquis

18º Simpósio Brasileiro de Educação Química - SIMPEQUI
Belém, PA, 12 a 14 de agosto de 2020
Info: www.abq.org.br/simpequi

2º Encontro Nacional de Hidrotecnologia - ENHTEC
Goiânia, GO, 1 a 4 de setembro de 2020
Info: www.abq.org.br/enhtec

Internacionais

11th Encontro Nacional de Cromatografia (11ENC)
Caparica, Portugal, 9 a 11 de dezembro de 2019
Info: http://11enc.eventos.chemistry.pt/

13.º Encontro Nacional de Química Orgânica
Aveiro, Portugal, 15 a 17 de janeiro de 2020
Info: https://www.spq.pt/agenda/

XXVII Congreso Iberoamericano de Catálisis
Jalisco, México, 7 a 12 de junho de 2020
Info: /cicat2020@gmail.com

14º Encontro de Química Física
Coimbra, Portugal, 17 a 19 de junho de 2020
Info: 14enqf@chemistry.pt

34º Congresso Latinoamericano de Química - CLAQ 2020
Cartagena das Índias, Colombia, 28 de setembro a 2 de outubro de 2020
Info: claq2020@gmail.com

Artigo de Opinião

Dimitri Ivanovich Mendeleev visita o Brasil através de livros de química e da mídia impressa (1870-1970)

Dimitri Ivanovich Mendeleev visits Brazil through chemistry books and printed media (1870-1970)

Júlio Carlos Afonso

Departamento de Química Analítica, Instituto de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Submetido em 10/07/2019; Versão revisada em 23/09/2019; Aceito em 25/09/2019

Resumo

Este trabalho apresenta uma resenha acerca das citações feitas ao químico russo Dimitri Mendeleev em jornais, revistas e livros de química editados no Brasil ao longo de 100 anos. As primeiras citações focavam suas ideias a respeito das origens do petróleo. Menções à Tabela Periódica surgiram somente na década de 1880. Os maiores impactos da Tabela Periódica no final do século XIX e início do XX foram a descoberta de elementos que vieram a preencher lacunas na classificação de Mendeleev e a criação de uma nova família – a dos gases nobres. A Tabela Periódica começou a ser incorporada ao ensino da química no país a partir da década de 1910, espelhada pela sua inclusão em livros didáticos, programas de concursos para a carreira do magistério e exames vestibulares. Ao contrário da pouca atenção dada à sua morte, eventos comemorativos do centenário de seu nascimento foram realizados por diversas sociedades científicas brasileiras em 1934. Nessa época, Mendeleev já era reconhecido como um cientista de relevância para a história da química, e já havia textos discorrendo sobre a sua pessoa e a Tabela Periódica, elaborados por professores brasileiros, em contraposição à mera tradução de notícias de jornais estrangeiros.

Palavras-chave: tabela periódica; Dimitri Mendeleev; elementos químicos

Abstract

This work presents a review of quotations made to the Russian chemist Dimitri Mendeleev in newspapers, magazines and chemistry textbooks published in Brazil over 100 years. The first quotes focused on his ideas about the origins of petroleum. The Periodic Table began to be mentioned in the 1880s. The major impacts of the Periodic Table in the late XIXth and early XXth centuries were the discovery of elements that filled gaps in Mendeleev's classification and the creation of a new family - that of noble gases. The Periodic Table began to be incorporated into the teaching of chemistry in Brazil in the 1910s, mirrored also by its inclusion in chemistry teaching books, teaching career programs and entrance exams. In contrast to the little attention paid to his death, many events commemorating the centenary of his birth were held by various scientific Brazilian societies in 1934. By this time Mendeleev was already recognized as a scientist of relevance to the history of chemistry and there were texts discussing his person and the Periodic Table prepared by Brazilian teachers, as opposed to translating news from foreign newspapers.

Keywords: periodic table; Dimitri Mendeleev; chemical elements

INTRODUÇÃO

O cientista russo Dimitri Ivanovich Mendeleev (08/02/1834 – 02/02/1907) tem destaque especial por ocasião do Ano Internacional da Tabela Periódica dos Elementos Químicos (*International Year of the Periodic Table of Chemical Elements* – IYPT 2019), definido na 74ª Reunião Plenária da Assembleia Geral das Nações Unidas, em 20 de dezembro de 2017. 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 39ª Sessão.

Desde o final do século XIX é reconhecido que Julius Lothar Meyer (1830-1895) teve a primazia de enunciar as regularidades nas diferenças entre os pesos atômicos dos elementos quando agrupados de acordo com as suas valências e as semelhanças de propriedades. Meyer só veio a publicar os resultados de suas considerações sobre a periodicidade dos elementos em 1870, através de uma representação gráfica ao tentar correlacionar os pesos atômicos e os volumes atômicos (quociente entre o peso atômico e a massa específica ou densidade). Ao traçar a curva resultante, ele percebeu a periodicidade na variação do segundo. Suas concepções são fundamentalmente as mesmas de Mendeleev. Mas a primazia dada a Mendeleev se justifica porque expôs isso de forma mais detalhada e audaz, sendo o primeiro a exibir uma tabela com a ordenação dos elementos então conhecidos, tal como exposto perante a Sociedade Química da Rússia em março de 1869, através do comunicado "Ensaio de um sistema de elementos segundo os seus pesos atômicos e propriedades químicas" (LIBERALLI, 1933). Em suas comunicações, Mendeleev nunca deixou de citar os que lhe precederam na tarefa de propor um arranjo que desse conta das propriedades dos elementos então conhecidos.

Portanto, o IYPT 2019 comemora os 150 anos do estabelecimento dessa tabela, reconhecendo-a 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 decorrentes.

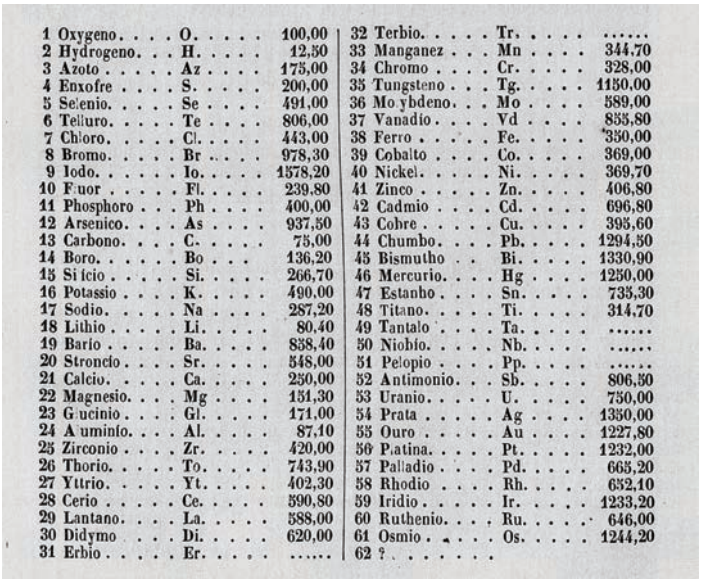
A Tabela Periódica pode ser tomada como um dos produtos mais completos produzidos pelo método científico, uma verdadeira enciclopédia compacta, mas contendo todas as informações relevantes para que, a partir da união dos elementos em suas mais variadas combinações, se chegue a novos materiais, novas terapias contra enfermidades, enfim, uma melhor qualidade de vida para a humanidade em respeito ao meio ambiente do qual depende para sua sobrevivência.

Até chegar a esse nível de reconhecimento, o caminho percorrido por Mendeleev e a Tabela Periódica no Brasil foi longo. Com o objetivo de delinear essa trajetória, foi feita uma consulta a jornais e revistas disponíveis na Hemeroteca Digital Brasileira e a livros de química editados entre 1870 e 1970 existentes nos acervos da Biblioteca Jorge de Abreu Coutinho (Instituto de Química da UFRJ) e do Museu da Química Professor Athos da Silveira Ramos (também do Instituto de Química da UFRJ), procurando ao mesmo tempo relacionar os dados obtidos com a situação política, econômica, social e de ensino vigentes no Brasil no momento considerado. Nessa pesquisa foi considerada a ampla variação da grafia do sobrenome do químico russo: além de Mendeleev, foram identificadas mais treze grafias: Mendelejeff (1890-1910), Mendeleef (1900-1940), Mendeleieff (1900-1940), Mendeljeff e Mendeleyeff (anos 1900), Mendelejem e Mendeleeff (anos 1930), Mendeleff e Mendeleif (anos 1940), Mendelejew e Mendelejev (anos 1950), Mendeleief (anos 1960) e Mendeleyev (anos 1970).

As primeiras menções a elementos químicos

Na década de 1840 encontram-se em publicações brasileiras disponíveis na Hemeroteca Digital as primeiras listas dos elementos químicos (frequentemente citados como "corpos simples") então conhecidos (AUXILIAR, 1846). A ordenação, conforme se vê na Figura 1 (REVISTA POPULAR, 1859), não seguia um padrão. Alguns nomes e símbolos foram mais tarde substituídos pelas representações atuais. Certos elementos listados - didímio, pelópio – mostraram-se mais tarde inexistentes (o primeiro é uma mistura de praseodímio e neodímio). É curiosa ainda a representação na forma de "equivalente químico", o qual era definido como "a quantidade, em peso, que unindo-se a 100 partes de oxigênio, constitui o óxido menos oxigenado" (AUXILIAR, 1846), com base na Lei de Dalton das proporções múltiplas. Em setembro de 1860, por ocasião do 1º Congresso Internacional de Química, em Karlsruhe, Alemanha, ficou decidido, por sugestão do químico italiano Stanislao Cannizzaro (1826-1910), que o peso atômico (hoje, massa molar) passaria a ser a forma de abordagem dos elementos químicos.

Naquela época, os métodos usados para a determinação dos "pesos atômicos" envolviam: a) a hipótese de Avogadro [Amedeo Avogadro (1776-1856)] e Ampère [André-Marie Ampère (1775-1836)] para elementos gasosos; b) a lei de Dulong [Pierre Louis Dulong (1785-1838)] e Petit [Aléxis Petit (1791-1820)] ou dos calores atômicos; a lei de Mitscherlich do isomorfismo (Eilhardt Mitscherlich, 1794-1863), para substâncias cristalizáveis no mesmo sistema cristalino; d) o processo do máximo divisor comum (proposto por Canizzaro), baseado na combinação de um dado elemento com outros. A partir dos compostos obtidos, com base nas diferentes proporções em que o elemento entrava na combinação com os demais, calcula-se o m.d.c. das massas do elemento, o qual corresponde ao seu peso atômico. As leis fundamentais da química também eram muito empregadas: conservação da massa (Lavoisier), proporções definidas (Proust), proporções múltiplas (Dalton) e proporções recíprocas (Richter).



1	Oxygeno	O.	100,00	32 Terbio	Tr. .....
2	Hydrogeno	H.	12,50	33 Manganez	Mn 344,70
3	Azoto	Az	175,00	34 Chromo	Cr. 328,00
4	Enxofre	S.	200,00	35 Tungsteno	Tg. 1150,00
5	Selenio	Se	491,00	36 Molybdeno	Mo 589,00
6	Telluro	Te	806,00	37 Vanadio	Vd 855,80
7	Chloro	Cl.	443,00	38 Ferro	Fe. 350,00
8	Bromo	Br	978,30	39 Cobalto	Co. 369,00
9	Iodo	Io.	1578,20	40 Nickel	Ni. 369,70
10	Fluor	Fl.	239,80	41 Zinco	Zn. 406,80
11	Phosphoro	Ph	400,00	42 Cadmio	Cd. 696,80
12	Arsenico	As	937,50	43 Cobre	Cu. 395,60
13	Carbono	C.	75,00	44 Chumbo	Pb. 1294,50
14	Boro	Bo	136,20	45 Bismutho	Bi. 1330,90
15	Silicio	Si.	266,70	46 Mercurio	Hg 1250,00
16	Potassio	K.	490,00	47 Estanho	Sn. 735,30
17	Sodio	Na	287,20	48 Titano	Ti. 314,70
18	Lithio	Li.	80,40	49 Tantalo	Ta. .....
19	Bario	Ba.	858,40	50 Niobio	Nb. .....
20	Stroncio	Sr.	548,00	51 Pelopio	Pp. .....
21	Calcio	Ca.	250,00	52 Antimonio	Sb. 806,50
22	Magnesio	Mg	151,30	53 Uranio	U. 750,00
23	Glucinio	Gl.	171,00	54 Prata	Ag 1350,00
24	Aluminio	Al.	87,10	55 Ouro	Au 1227,80
25	Zirconio	Zr.	420,00	56 Platina	Pt. 1232,00
26	Thorio	To.	743,90	57 Palladio	Pd. 665,20
27	Yttrio	Yt.	402,30	58 Rhodio	Rh. 652,10
28	Cerio	Ce.	590,80	59 Iridio	Ir. 1233,20
29	Lantano	La.	588,00	60 Ruthenio	Ru. 646,00
30	Didymo	Di.	620,00	61 Osmio	Os. 1244,20
31	Erbio	Er.	.....	62 ?	

Figura 1: Lista dos elementos (corpos simples) conhecidos em 1859 (REVISTA POPULAR, 1859)

Surge Dimitri Mendeleev na imprensa brasileira

Fatos relevantes da Química como o 1º Congresso Internacional (1860), a proposição do "parafuso telúrico" (1862) por Alexandre-Émile Béguyer de Chancourtois (1820-1886), a proposta da "lei das oitavas" (1864) de John Newlands (1837-1898), e a concepção de uma tabela por Julius Lothar Meyer passaram em branco na mídia impressa dos anos 1860. Contudo, os "corpos simples" fascinavam os químicos da época: "*com tão poucos corpos, se pode combinar para construir a infinidade de substâncias da natureza viva e inanimada*" (DIÁRIO, 1864). A classificação dada aos elementos vigente em livros-texto, palestras e comentários era a divisão em metais e *metaloides* (não metais), destacando algumas "famílias" (metais alcalinos, halogênios), e a reatividade relativa entre eles (PINTO, 1872).

Enfim, em 1879, apareceu a primeira citação expressa a Mendeleev: em um artigo sobre a origem do petróleo, assunto que o ocupou na década de 1860. Mendeleev acreditava na sua origem inorgânica, com base na ideia de que os restos vegetais e animais dos

períodos siluriano e devoniano não teriam massa crítica para a produção de petróleo. Ao contrário, a reação da água com carbetos metálicos, especialmente ferro, presentes nas zonas profundas da Terra, produziria os óxidos metálicos, enquanto o hidrogênio liberado reagiria com o carbono, produzindo os hidrocarbonetos que compõem o petróleo (A CONSTITUIÇÃO, 1879). Este assunto voltou à pauta nos anos seguintes (GAZETA DA TARDE, 1888; REVISTA DE ENEGENHARIA, 1884), e até mesmo no século XX (O SÉCULO, 1910; CORREIO DA MANHÃ, 1934; CARETA, 1937; DIÁRIO CARIOCA, 1936; A NOITE, 1950). A polêmica entre as origens orgânica e inorgânica do petróleo perdurou até meados do século XX por falta de dados que pudessem indicar com segurança qual seria a origem correta.

Outra citação fora do contexto habitual se refere aos estudos que empreendeu para desenvolver pólvoras para a marinha russa (REVISTA MARITIMA, 1902).

Foi aparentemente em 1884 que se verificou a primeira citação que relacionava Mendeleev à Tabela Periódica, referente a uma obra de Química Geral elaborada por Álvaro Joaquim de Oliveira (1840-1922), professor da Escola Politécnica (atual Escola Politécnica da UFRJ), publicada no ano anterior (REVISTA DE ENGENHARIA, 1884). O autor explica a "classificação de Mendeleev" e cita que, apesar de apresentar deficiências (sem explicá-las), ela tinha o mérito de limitar a quatro a atomicidade dos elementos (formação de óxidos de estequiometria máxima MO_4 e hidretos MH_4).

O preenchimento de espaços vazios da tabela de Mendeleev

De um modo geral, a descoberta de novos elementos sempre foi relatada na mídia impressa. De fato, a descoberta do gálio, o primeiro dos elementos a preencher uma das lacunas da tabela de Mendeleev, teve razoável cobertura (O GLOBO, 1875, 1876a, b; DIÁRIO, 1876; GAZETA, 1876). Destacavam-se: o seu baixo ponto de fusão (29,5º C), a dificuldade de isolar 0,1 g a partir de mais de 400 kg de minério de zinco, o fato de ser o mais fusível dos metais depois do mercúrio, e o seu posicionamento entre o alumínio e o índio. Apesar desta última citação, nenhuma menção direta à tabela foi feita.

A respeito do gálio, quando Boisbaudran o descobriu, Mendeleev escreveu uma carta à Academia de Ciências de Paris indicando que aquele elemento seria o eka-alumínio que ele previu. Boisbaudran verificou que uma das propriedades físicas do gálio não correspondia às previsões de Mendeleev citadas em sua carta. Este retrucou, afirmando que o gálio não estava suficientemente puro. Boisbaudran repurificou o gálio e repetiu os ensaios, e constatou que Mendeleev estava certo (A.G.S., 1950).

A descoberta do escândio, em 1879, não teve menção alguma. Finalmente, quando da descoberta do germânio (SOUZA, 1886; REVISTA DE ENGENHARIA, 1886), é que se cita pela primeira vez a relação da descoberta de um elemento com um espaço vazio na tabela periódica de Mendeleev, o qual seria confirmado quando o peso atômico do novo elemento fosse determinado e comparado ao valor previsto pelo químico russo. Essa era o método crucial para saber o comportamento do elemento recém-descoberto em comparação àqueles conhecidos.

A descoberta desses três elementos e a confirmação de suas propriedades com base nas previsões de Mendeleev foi fator muito relevante na aceitação de sua tabela pela comunidade científica daquele tempo (OLIVEIRA, 1894), por confirmar uma de suas conclusões de sua comunicação de março de 1869, e estimulou muitas pesquisas para descoberta de novos elementos para preencher outros vazios da tabela nos anos que se seguiram.

Afora a previsão da existência do escândio, gálio e germânio, Mendeleev previu em 1891, embora com menos convicção, que existiria um elemento abaixo do telúrio de peso atômico ao redor de 212 (Marie e Pierre Curie descobriram o polônio em 1898,

com peso 210 – SILVA, 1939). Ainda em 1871, ele supôs a existência de um elemento entre o tório e o urânio de massa em torno de 235 e que formaria o óxido M_2O_5. O protactínio, descoberto em 1917, corresponde a essa expectativa (SILVA, 1939).

É importante assinalar que os textos publicados nos jornais nessa época eram traduções de notas publicadas em periódicos europeus, e não considerações feitas por professores ou pesquisadores brasileiros, reflexo do distanciamento da química brasileira em relação ao seu desenvolvimento no velho continente.

O grupo "zero" ou grupo VIII: a primeira evolução da tabela peridódica

A descoberta (1894) do argônio (OLIVEIRA, 1894, PHAROL, 1910; CORREIO DA MANHÃ, 1916), seguido de neônio, criptônio e xenônio (1898), juntamente com o hélio (que já havia sido identificado na coroa solar durante um eclipse total em 1868) (REVISTA BRASILEIRA, 1898), repercutiu enormemente, sendo abordada até em jornais de cunho popular. Isso se devia à crença muito forte de que a atmosfera terrestre era composta apenas por oxigênio, nitrogênio (azoto), dióxido de carbono (gás carbônico) e vapor d'água. Para se ter uma ideia dessa repercussão, John William Strutt (Lord Rayleigh, 1842-1919) e William Ramsay (1852-1916) foram laureados, respectivamente, com o Nobel de Física (por suas pesquisas sobre a densidade dos gases mais importantes e pela descoberta do argônio) e de Química (em reconhecimento pela descoberta dos elementos gasosos inertes no ar) no mesmo ano (1904). Não obstante o impacto sobre o cotidiano (pois respirar é um ato obrigatório de nossa sobrevivência), e a caracterização de uma inédita não reatividade química de elementos sob as condições experimentais da época, os químicos e físicos se deparavam com um desafio: onde posicionar esses novos elementos? Graças à determinação de seus pesos atômicos, percebeu-se que eram ligeiramente maiores que os dos halogênios e mostravam uma progressão semelhante (A NOTICIA, 1900a, 1902). Isso significava a criação de um novo grupo, posicionado à esquerda do grupo dos metais alcalinos, cobre prata e ouro (grupo I) ou à direita do grupos dos halogênios (grupo VII). Era o grupo zero, em alusão à ausência de reatividade nas condições experimentais da época. Se posicionado à direita dos halogênios, era também denominado grupo VIII. Trata-se da primeira grande alteração da tabela de Mendeleev, que não previra o grupo dos gases nobres. Outra consequência foi a necessidade de "readequar os compêndios quanto à composição da nossa atmosfera" (A NOTICIA, 1900a).

A perfeita inserção do "grupo zero" (atual grupo 18), na tabela de Mendeleev a manteve com alta reputação entre os cientistas (JORNAL, 1907). Chegou-se mesmo a fazer a seguinte comparação: "a teoria do sábio russo Mendeleev é para a química o que para a astronomia foram os cálculos que permitiram a Urbain le Verrier [1811-1877] designar um lugar no céu para o planeta Netuno quando ainda nenhum telescópio tinha alcance necessário para o descobrir" (GAZETA, 1908).

O reconhecimento da importância da tabela periódica

Sob o título "As Grandes Invenções", o jornal "A Notícia", publicou em janeiro de 1900 que, em uma reunião da AAAS (*American Association for the Advancement of Science)* no ano anterior, seu presidente, Edward Orton [1829-1899], apresentou uma palestra em que citava as invenções que mais tinham influenciado os destinos da humanidade, divididos em dois períodos: da antiguidade ao século XVIII e o século XIX. No primeiro período, contavam-se: o alfabeto, o sistema arábico de numeração, a bússola, a imprensa, o telescópio, o barômetro, o termômetro, o cálculo diferencial, a lei da gravitação, o sistema planetário, a circulação do sangue, o cálculo da velocidade da luz e as bases para desenvolvimento das modernas ciências da química e da eletricidade.

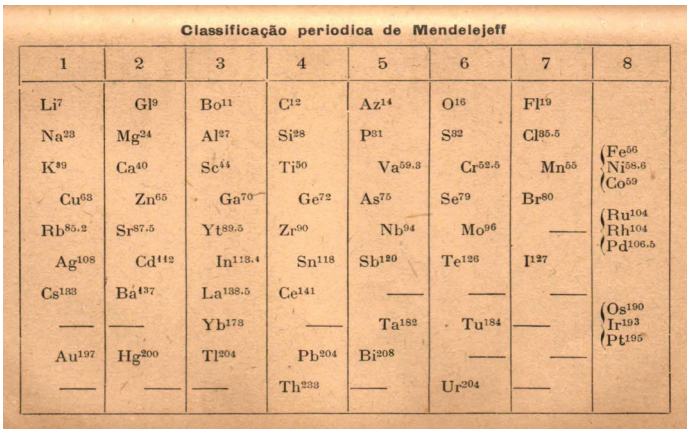
Entre as descobertas e as invenções que iluminavam o século XIX contam-se: a lei da conservação da energia, a teoria nebular, o espectroscópio, o telégrafo, o fonógrafo, o mecanismo de transmissão de germens, os raios Roentgen [raios x], a teoria cinética dos gases, as teorias sobre a origem da humanidade, a descoberta dos anestésicos, as ferrovias, a navegação a vapor, a descoberta das eras glaciais, a lei periódica dos elementos químicos (A NOTICIA, 1900b).

Outra prova da reputação da tabela de Mendeleev foi a organização de expedições para estudar a coroa solar por ocasião de eclipses solares totais. Uma dessas expedições, de 1912, tinha como destino Passa-Quatro (MG), onde astrônomos britânicos buscavam analisar a região verde do visível, onde se localizava uma linha espectral não correlacionada a qualquer elemento conhecido na Terra. Havia uma proposta de que isso correspondesse a um elemento desconhecido, o "corônio", mais leve que o hidrogênio, membro da família dos gases nobres, e candidato a preencher uma das lacunas do sistema de Mendeleev (JORNAL DO COMMERCIO, 1912; A IMPRENSA, 1912). Somente na década de 1930, Walter Grotrian (1890-1954) e Bengt Edlén (1906-1993) interpretaram que a linha espectral a 530,3 nm era devida a íons ferro altamente ionizados (Fe^{3+}); outras linhas incomuns no espectro coronal também são atribuídas a íons altamente carregados devido à alta temperatura da coroa solar (MORISON, 2008).

Nessa época, em programas de cursos e concursos, era comum a expressão "classificação dos elementos", o que não significava necessariamente ser alusiva à Tabela Periódica de Mendeleev. Na maior parte das situações, tratavam-se das classificações tradicionais (compostos inorgânicos ou minerais e orgânicos, metais e não metais ou metaloides). Os metaloides eram subdivididos (TEIXEIRA, 1918) de acordo com a classificação de Jean-Baptiste Dumas (1800-1884), em famílias segundo a valência máxima e que podiam assumir (monovalentes como os halogênios; divalentes como os calcogênios: trivalentes como o boro; tetravalentes como carbono e silício, e pentavalentes como fósforo, arsênio, antimônio). Os metais eram subdivididos em oito classes segundo a classificação de Louis Jacques Thénard (1777-1857), que avaliava a reatividade dos metais frente à água em condições diversas de temperatura e acidez (meio ácido a alcalino). Os metais iam desde os alcalinos até os nobres; outra classificação faz apelo à valência como no caso dos metaloides: monovalentes como os alcalinos até hexavalentes como molibidênio, cromo e tungstênio (TEIXEIRA, 1918). Menções explícitas a Mendeleev só apareceram em programas de concurso por volta de 1920. Como exemplo, para o concurso de admissão de engenheiros navais da Marinha do Brasil, um dos pontos de química geral era a "descrição do sistema de Mendeleev" (RELATÓRIO, 1923).

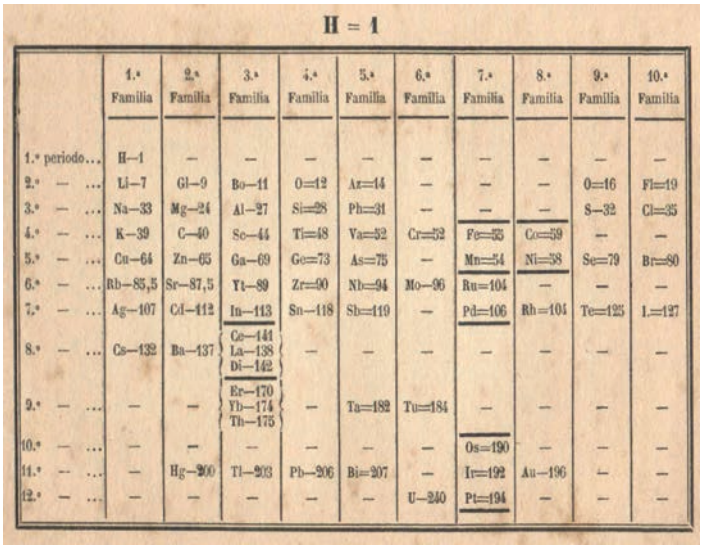
A inserção da Tabela de Mendeleev em livros didáticos foi um processo lento. Havia obras que não a citavam ou que a citavam sem um desenho ilustrativo. Certos autores publicavam versões simplificadas, acompanhadas de um texto resumido, mostrando que no período 1910-1930 a abordagem da tabela era feita essencialmente de modo superficial. Exemplos são a tabela mostrada na Figura 2, na qual os gases nobres e o hidrogênio não aparecem (TEIXEIRA, 1918), e as tabelas das Figuras 3 e 4 (PINTO, 1913; SOARES, 1921), nas quais os gases nobres não aparecem, mais de 10 anos após a descoberta dos mesmos.

Tabelas mais bem elaboradas começaram a aparecer a partir de meados dos anos 1920, como no exemplo mostrado na Figura 5.


Classificação periodica de Mendelejeff

1	2	3	4	5	6	7	8
Li^{7}	Gl^{9}	Bo^{11}	C^{12}	Az^{14}	O^{16}	Fl^{19}	
Na^{23}	Mg^{24}	Al^{27}	Si^{28}	P^{31}	S^{32}	$Cl^{35.5}$	
K^{39}	Ca^{40}	Sc^{44}	Ti^{50}	$Va^{59.3}$	$Cr^{52.5}$	Mn^{55}	Fe^{56} $Ni^{58.6}$ Co^{59}
Cu^{63}	Zn^{65}	Ga^{70}	Ge^{72}	As^{75}	Se^{79}	Br^{80}	
$Rb^{85.2}$	$Sr^{87.5}$	$Yt^{89.5}$	Zr^{90}	Nb^{94}	Mo^{96}	——	Ru^{104} Rh^{104} $Pd^{106.5}$
Ag^{108}	Cd^{112}	$In^{113.4}$	Sn^{118}	Sb^{120}	Te^{126}	I^{127}	
Cs^{133}	$Bá^{137}$	$La^{138.5}$	Ce^{141}	——	——	——	
——	——	Yb^{173}	——	Ta^{182}	Tu^{184}	——	Os^{190} Ir^{193} Pt^{195}
Au^{197}	Hg^{200}	Tl^{204}	Pb^{204}	Bi^{208}	——	——	
——	——	——	Th^{233}	——	Ur^{204}	——	

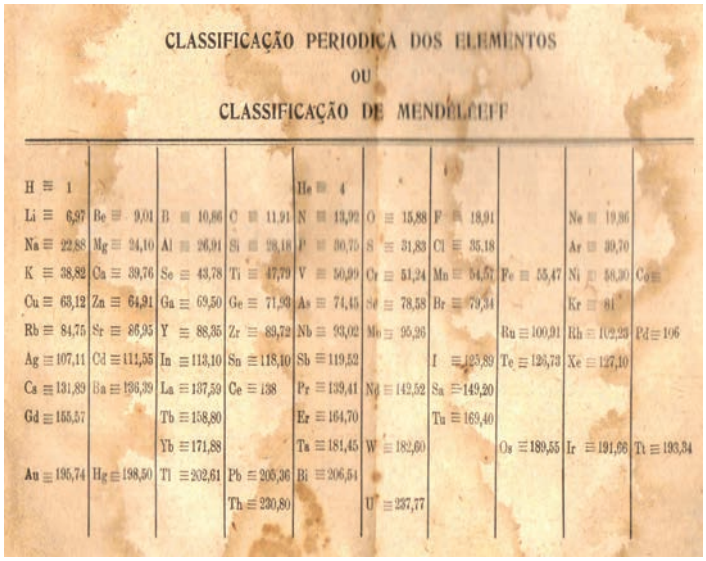
Figura 2: Classificação Periódica de Mendeleev simplificada (TEIXEIRA, 1918)



H = 1

	1.ª Familia	2.ª Familia	3.ª Familia	4.ª Familia	5.ª Familia	6.ª Familia	7.ª Familia	8.ª Familia	9.ª Familia	10.ª Familia
1.º periodo...	H=1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2.º — ...	Li=7	Gl=9	Bo=11	0=12	Az=14	—	—	—	0=16	Fl=19
3.º — ...	Na=33	Mg=24	Al=27	Si=28	Ph=31	—	—	—	S=32	Cl=35
4.º — ...	K=39	C=40	Sc=44	Ti=48	Va=52	Cr=52	Fe=55	Co=59	—	—
5.º — ...	Cu=64	Zn=65	Ga=69	Ge=73	As=75	—	Mn=54	Ni=58	Se=79	Br=80
6.º — ...	Rb=85,5	Sr=87,5	Yt=89	Zr=90	Nb=94	Mo=96	Ru=104	—	—	—
7.º — ...	Ag=107	Cd=112	In=113	Sn=118	Sb=119	—	Pd=106	Rh=104	Te=125	I.=127
8.º — ...	Cs=132	Ba=137	Ce=141 La=138 Di=142	—	—	—	—	—	—	—
9.º — ...	—	—	Er=170 Yb=174 Th=175	—	Ta=182	Tu=184	—	—	—	—
10.º — ...	—	—	—	—	—	—	Os=190	—	—	—
11.º — ...	—	Hg=200	Tl=203	Pb=206	Bi=207	—	Ir=192	Au=196	—	—
12.º — ...	—	—	—	—	—	U=240	Pt=194	—	—	—

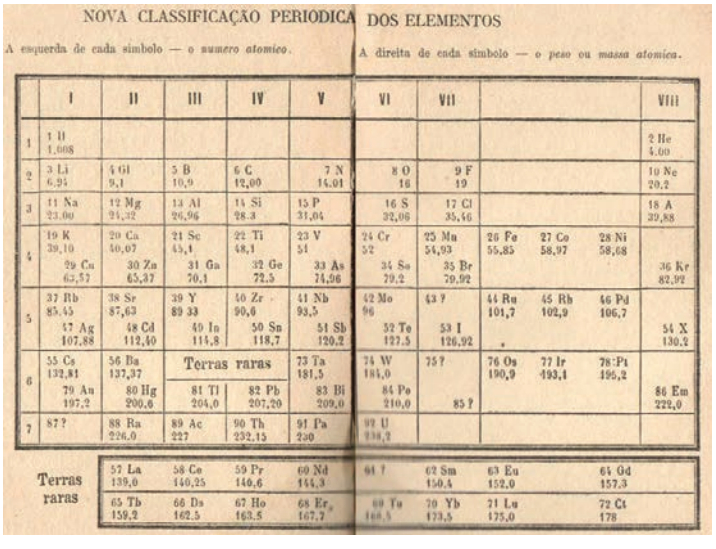
Figura 3: Quadro periódico de Mendeleev adaptado por Armando Gauthier (PINTO, 1913)



CLASSIFICAÇÃO PERIODICA DOS ELEMENTOS
OU
CLASSIFICAÇÃO DE MENDELEEFF

H ≡ 1				He ≡ 4					
Li ≡ 6,97	Be ≡ 9,01	B ≡ 10,86	C ≡ 11,91	N ≡ 13,92	O ≡ 15,88	F ≡ 18,91		Ne ≡ 19,86	
Na ≡ 22,88	Mg ≡ 24,10	Al ≡ 26,91	Si ≡ 28,18	P ≡ 30,75	S ≡ 31,83	Cl ≡ 35,18		Ar ≡ 39,70	
K ≡ 38,82	Ca ≡ 39,76	Sc ≡ 43,78	Ti ≡ 47,79	V ≡ 50,99	Cr ≡ 51,24	Mn ≡ 54,57	Fe ≡ 55,47	Ni ≡ 58,30	Co ≡
Cu ≡ 63,12	Zn ≡ 64,91	Ga ≡ 69,50	Ge ≡ 71,93	As ≡ 74,45	Se ≡ 78,58	Br ≡ 79,34		Kr ≡ 81	
Rb ≡ 84,75	Sr ≡ 86,95	Y ≡ 88,35	Zr ≡ 89,72	Nb ≡ 93,02	Mo ≡ 95,26		Ru ≡ 100,91	Rh ≡ 102,23	Pd ≡ 106
Ag ≡ 107,11	Cd ≡ 111,55	In ≡ 113,10	Sn ≡ 118,10	Sb ≡ 119,52		I ≡ 125,89	Te ≡ 126,73	Xe ≡ 127,10	
Cs ≡ 131,89	Ba ≡ 136,39	La ≡ 137,59	Ce ≡ 138	Pr ≡ 139,41	Nd ≡ 142,52	Sa ≡ 149,20			
Gd ≡ 155,57		Tb ≡ 158,80		Er ≡ 164,70		Tu ≡ 169,40			
		Yb ≡ 171,88		Ta ≡ 181,45	W ≡ 182,60		Os ≡ 189,55	Ir ≡ 191,96	Pt ≡ 193,34
Au ≡ 195,74	Hg ≡ 198,50	Tl ≡ 202,61	Pb ≡ 205,36	Bi ≡ 206,54					
			Th ≡ 230,80		U ≡ 237,77				

Figura 4: Classificação periódica de Mendeleev (SOARES, 1921)



NOVA CLASSIFICAÇÃO PERIODICA DOS ELEMENTOS

A esquerda de cada simbolo — o *numero atomico*. A direita de cada simbolo — o *peso* ou *massa atomica*.

	I	II	III	IV	V	VI	VII		VIII
1	1 H 1,008								2 He 4,00
2	3 Li 6,94	4 Gl 9,1	5 B 10,9	6 C 12,00	7 N 14,01	8 O 16	9 F 19		10 Ne 20,2
3	11 Na 23,00	12 Mg 24,32	13 Al 26,96	14 Si 28,3	15 P 31,04	16 S 32,06	17 Cl 35,46		18 A 39,88
4	19 K 39,10 29 Cu 63,57	20 Ca 40,07 30 Zn 65,37	21 Sc 43,1 31 Ga 70,1	22 Ti 48,1 32 Ge 72,5	23 V 51 33 As 74,96	24 Cr 52 34 Se 79,2	25 Mn 54,93 35 Br 79,92	26 Fe 55,85 27 Co 58,97 28 Ni 58,68	36 Kr 82,92
5	37 Rb 85,45 47 Ag 107,88	38 Sr 87,63 48 Cd 112,40	39 Y 89 33 49 In 114,8	40 Zr 90,6 50 Sn 118,7	41 Nb 93,5 51 Sb 120,2	42 Mo 96 52 Te 127,5	43 ? 53 I 126,92	44 Ru 101,7 45 Rh 102,9 46 Pd 106,7	54 X 130,2
6	55 Cs 132,81 79 Au 197,2	56 Ba 137,37 80 Hg 200,6	Terras raras 81 Tl 204,0	82 Pb 207,20	73 Ta 181,5 83 Bi 209,0	74 W 184,0 84 Po 210,0	75 ? 85 ?	76 Os 190,9 77 Ir 193,1 78 Pt 195,2	86 Em 222,0
7	87 ?	88 Ra 226,0	89 Ac 227	90 Th 232,13	91 Pa 230	92 U 238,2			

Terras raras	57 La 139,0	58 Ce 140,25	59 Pr 140,6	60 Nd 144,3	61 ?	62 Sm 150,4	63 Eu 152,0	64 Gd 157,3	
	65 Tb 159,2	66 Ds 162,5	67 Ho 163,5	68 Er 167,7	69 Tu 168,5	70 Yb 173,5	71 Lu 175,0	72 Ct 178	

Figura 5: Tabela de Mendeleev em um livro de ensino de química para o nível secundário (ensino médio) (MENEZES, 1924). Notam-se algumas ausências e interrogações quando a descobertas postas em dúvida, e alguns símbolos não mais hoje usados

Ainda em 1920 eram reconhecidos seis espaços vazios na tabela de Mendeleev, correspondendo aos elementos de números atômicos 43, 61, 72, 75, 85 e 87. Esse preenchimento dos espaços vazios prosseguiu com a confirmação da descoberta do háfnio (1922) e do rênio (1925) (CORREIO DA MANHÃ, 1923, 1925, 1927; O PAIZ, 1925), em conjunto com "descobertas" que mais tarde se mostraram errôneas: masúrio, ilínio, virgínio, alabamino (O MALHO, 1929; CORREIO DA MANHÃ, 1925, 1930; O PAIZ, 1925; A NOITE, 1931; SILVA, 1939). O preenchimento total da tabela (até o urânio) só foi concluído quando da confirmação do elemento 85, astato, produzido sinteticamente em 1940 antes de ser evidenciado na natureza, e do elemento 61, promécio, em 1945.

Antes de se chegar a essa finalização, antevia-se a possibilidade de existir uma série anaáloga à lantanídia, chamada de "segunda série de terras raras" (hoje, série actinídia), que já era prevista por Charles Janet (1849-1932) em 1928 (VILLAR, 1940), suspeita confirmada poucos anos depois com a síntese de elementos transurânicos e a indicação de que suas propriedades químicas lembravam o actínio trivalente e os lantanídios. A organização efetiva da série actinídia coube a Glenn Seaborg (1912-1999), podendo ser considerada como mais uma etapa evolutiva da tabela de Mendeleev (Seaborg foi laureado com o Nobel de Química em 1951 pelas suas descobertas na química dos elementos transurânicos).

Embora hoje seja amplamente empregada a expressão "tabela periódica", nos primeiros tempos de sua divulgação no Brasil havia uma enorme variedade de termos usados para se referir a ela. O mais comum deles era "sistema periódico", especialmente usado até a década de 1950. Contam-se ainda: quadro periódico (fins do século XIX), taboa de classificação dos corpos simples (anos 1900), série de Mendeleef (anos 1920-1930), taboa de Mendelejeff (anos 1930), classificação periódica (anos 1940 a 1970) e tabela dos elementos (anos 1960 a 1970). "Tabela Periódica" só se impôs em notícias e livros editados no país a

partir da década de 1940.

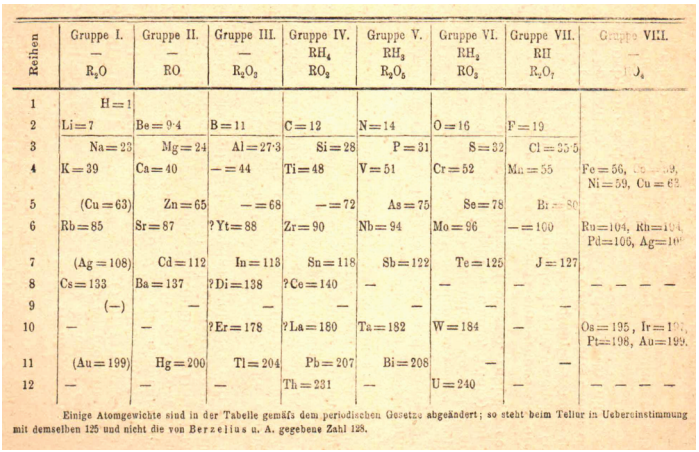
Em seguida a uma reunião da IUPAC (União Internacional de Química Pura e Aplicada) em 1947, com a consolidação dos nomes para os elementos 43, 61, 85 e 87, Abelardo Torres Daltro elaborou uma versão didática para utilização em cursos de química e laboratórios de pesquisa no Brasil (GAZETA, 1948). Nessa época já era frequente a publicação de textos didáticos e crônicas, tanto sobre a pessoa de Mendeleev como da Tabela Periódica, produzidos por professores brasileiros, em jornais e revistas (A MANHÃ, 1946; KRAULEDAT, 1948; CIÊNCIA PARA TODOS, 1948; GAZETA DE NOTÍCIAS, 1948; DALTRO, 1939; LIBERALLI, 1933).

Na década de 1950, novos ajustes em símbolos e nomes dos elementos foram feitos pela IUPAC (A NOITE, 1951): o símbolo do frâncio mudou de Fa para Fr, e o do argônio de A para Ar. Houve uma tentativa de harmonizar o nome do elemento com o seu símbolo, por exemplo: nátrio no lugar de sódio (Na); kálio no lugar de potássio (K); áureo no lugar de ouro (Au); wolfrâmio no lugar de tunstênio (W), e stânio no lugar de estanho (Sn). Esse projeto acabou sendo abandonado.

Evoluções e críticas à tabela de Mendeleev

A primeira versão, considerada até mesmo por ele imperfeita, foi notavelmente aperfeiçoada por ele próprio em 1871 (Figura 6). A principal alteração foi o arranjo em dois subgrupos dentro de cada grupo dos conjuntos dos elementos que compartilhavam uma valência em comum (LIBERALLI, 1933). Ao examinar a Figura 6, vê-se que, no grupo I, à esquerda figuram os metais alcalinos, enquanto cobre, prata e ouro estão à direita.

A alteração mais impactante na tabela proposta por Mendeleev foi a ordenação dos elementos químicos pelo seu número atômico (número de prótons no núcleo) e não pelo peso atômico (massa molar). Tal notícia parece não ter tido respaldo na mídia impressa da época. Embora o peso atômico fosse tido como uma propriedade aperiódica (ele aumentaria com a progressão dos elemento químicos), havia três inversões quando se ia do hidrogênio ao urânio, chamadas de “anomalias”: argônio e potássio, cobalto e níquel e telúrio e iodo: para cada par o primeiro tem um peso atômico maior em relação ao segundo elemento, razão pela qual posicioná-los na tabela de Mendeleev era um problema (MALTA, 1928). Graças a Henry Moseley (1887-1915), que descobriu em 1913 uma relação entre o espectro de raios x de um elemento e seu número atômico (Lei de Moseley), foi o primeiro a conseguir determinar os números atômicos dos elementos com precisão (REVISTA MARITIMA, 1933).



Reihen	Gruppe I. — R_2O	Gruppe II. — RO	Gruppe III. — R_2O_3	Gruppe IV. RH_4 RO_2	Gruppe V. RH_3 R_2O_5	Gruppe VI. RH_2 RO_3	Gruppe VII. RH R_2O_7	Gruppe VIII. — RO_4
1	H=1							
2	Li=7	Be=9·4	B=11	C=12	N=14	O=16	F=19	
3	Na=23	Mg=24	Al=27·3	Si=28	P=31	S=32	Cl=35·5	
4	K=39	Ca=40	—=44	Ti=48	V=51	Cr=52	Mn=55	Fe=56, Co=59, Ni=59, Cu=63
5	(Cu=63)	Zn=65	—=68	—=72	As=75	Se=78	Br=80	
6	Rb=85	Sr=87	?Yt=88	Zr=90	Nb=94	Mo=96	—=100	Ru=104, Rh=104, Pd=106, Ag=108
7	(Ag=108)	Cd=112	In=113	Sn=118	Sb=122	Te=125	J=127	
8	Cs=133	Ba=137	?Di=138	?Ce=140	—	—	—	— — — —
9	(—)	—	—	—	—	—	—	
10	—	—	?Er=178	?La=180	Ta=182	W=184	—	Os=195, Ir=197, Pt=198, Au=199.
11	(Au=199)	Hg=200	Tl=204	Pb=207	Bi=208	—	—	
12	—	—	—	Th=231	—	U=240	—	— — — —

Einige Atomgewichte sind in der Tabelle gemäfs dem periodischen Gesetze abgeändert; so steht beim Tellur in Uebereinstimmung mit demselben 125 und nicht die von Berzelius u. A. gegebene Zahl 128.

Figura 6: Reprodução da Tabela de Mendeleev (1871) tal como apresentada à Sociedade Química da Rússia em 1870 (LIBERALLI, 1933)

Embora fosse reconhecida a praticidade quanto à classificação dos elementos em forma de colunas e linhas (inclusive para fins didáticos) e à sistematização de suas propriedades gerais, na década de 1920 ainda havia reclamações quanto à dificuldade de interpretar certos pormenores do arranjo de Mendeleev. A mais citada delas era inserir em um só grupo elementos, mesmo em colunas internas distintas, que embora capazes de assumir a mesma valência, tinham propriedades físicas e químicas distintas entre eles. É o caso do grupo I que reunia de um lado os metais alcalinos e os metais cobre, prata e ouro do outro (REGO, 1929; LIBERALLI, 1933). Situações como essa levaram à proposição de outras formas de

construir uma tabela periódica: em espiral, pirâmide (usada por Niels Bohr [1885-1962] em seus estudos sobre a estrutura do átomo), circular, mas, embora fossem capazes de eliminar vários dos problemas da representação tradicional, criavam outros que solapavam suas virtudes. O modelo de Andreas von Antropoff (1878-1956), proposto em 1926 (Figura 7), é um desdobramento da representação clássica de Mendeleev, e foi amplamente adotado em livros-texto (ANTROPOFF, 1926): a partir do quarto período, os grupos I a VII subdividiam-se em IA, IB, IIA, IIB etc., notação que prevaleceu até 1986, quando a IUPAC adotou o atual sistema de numeração dos grupos, de 1 (metais alcalinos) a 18 (gases nobres). O posicionamento da atual série lantanídia (as antigas "terras raras") era outra dificuldade (LIBERALLI, 1933): apesar da semelhança química entre esses elementos (fruto da chamada contração lantanídia) a diferença de massa molar entre o lantânio e o lutécio (primeiro e último membros da série) excedia a 25%, afora o fato de que a construção dessa série foi um processo demorado face à complexidade da separação entre eles. Antropoff os inseriu como um desdobramento da posição ocupada pelo lantânio (subgrupo IIIB) em sua tabela. Por fim, qual seria o lugar certo para posicionar o hidrogênio, visto que tem propriedades que o aproximam dos metais alcalinos e dos halogênios? Na maioria das representações, esse elemento é posicionado no grupo I, por sua valência, na subcoluna dos metais alcalinos (Figuras 3 a 6).

A partir do avanço e da compreensão da natureza da radioatividade e da estrutura atômica, começaram a suscitar discussões sobre a possibilidade de existir elementos com número atômico superior ao do urânio, o que viria a se confirmar em 1940 com a descoberta do neptúnio e do plutônio.

Até hoje, o homem produziu artificialmente 26 elementos de número atômico superior ao urânio, coisa que certamente Mendeleev jamais sonhou. Até quando a saga de produzir elementos superpesados chegará ao seu limite?



Figura 7: Tabela Periódica de Andreas von Antropoff, versão de 1938, atualmente no Instituto de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Imagem do autor

A morte de Mendeleev

Sua morte, em 1907, quase passou despercebida. O Jornal do Brasil a noticiou 40 dias depois do ocorrido (JORNAL DO BRASIL, 1907): *"A ciência acaba de sofrer uma grande perda. Faleceu ultimamente em São Petersburgo Dimitri Ivanovitch Mendeleieff, químico de fama mundial. Nasceu na Sibéria, Toblosk, em 1834; completou seus estudos de ciências naturais em Paris e entrou para o laboratório de Wurtz (...) um dos célebres químicos de então.*

Mendeleieff dedicou-se ao estudo especial dos petróleos; deixando depois o laboratório de Wurtz foi primeiro à Pensilvânia e depois ao Cáucaso a fazer estudos no local, sendo depois chamado ao ensino de química na Universidade de São Petersburgo (...).

O seu maior título de glória e de fama o adquiriu com a elaboração da "teoria da lei periódica dos elementos químicos", um complexo de pesquisas e de considerações que fizeram época, não somente no campo da química, mas também no da filosofia da natureza.

Havia muito tempo que os químicos procuravam uma teoria que explicasse de modo satisfatório as diferenças de propriedades físicas que apresentavam os chamados "corpos simples". (...) Foi Mendeleieff que, em 1869, demonstrou que essa contradição era apenas aparente: bastava, efetivamente, agrupar os corpos simples não segundo a ordem progressiva

dos seus pesos atômicos, mas segundo certos períodos. (...) A classificação de Mendeleieff foi chamada "teoria da lei periódica".

Os serviços que ela prestou à ciência foram enormíssimos. (...) Encontravam os químicos certas falhas na classificação de Mendeleieff, fato é que certos corpos simples que segundo a teoria deveriam existir para completar os vários períodos e algumas das famílias não eram na realidade conhecidos. Mendeleieff não hesitou em afirmar que, procurando-se melhor, eles seriam encontrados e, efetivamente, os chamados "elementos hipotéticos" foram mais tarde descobertos, como por exemplo, o gálio, o germânio e o escândio. Também entram perfeitamente na lei periódica estabelecida pelo falecido químico o hélio e o argônio. (...)

Mendeleev foi agraciado com o prêmio Demidov (concedido pelo Império Russo, 1862), a Medalha Davy (concedida pela Royal Society de Londres, 1882) e a Medalha Copley (a mais alta condecoração da Royal Society, 1905). Ele foi indicado ao Prêmio Nobel de Química em 1905 e 1906, mas acabou preterido, respectivamente, em favor do alemão Johann Friedrich Wilhelm Adolf von Bayer (1835-1917) e o francês Henri Moissan (1852-1907). Por outro lado, o Nobel de Física de 1945 foi concedido a Wolfgang Pauli (1900-1958) porque o princípio que leva o seu nome tem sido extremamente útil para a compreensão do sistema periódico e para a interpretação dos seus aspectos (CORREIO DA MANHÃ, 1945). Há que citar ainda o elemento 101, descrito pela primeira vez em 1955 pela equipe de Glenn Seaborg. Sendo o primeiro elemento após a primeira centena, foi decidido que o elemento seria nomeado "mendelevium" em homenagem a Mendeleev. Como essa descoberta ocorreu durante a Guerra Fria, Seaborg teve que solicitar permissão ao governo dos Estados Unidos para propor que o elemento fosse nomeado para um russo, o que foi acatado (CHOPPIN, 2003). "Mendelevium" foi aceito pela União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC) em 1955 com o símbolo "Mv", que foi alterado para "Md" na Assembleia Geral da IUPAC de 1957.

O centenário de Mendeleev

O centenário de seu nascimento foi celebrado por sociedades científicas (Academia Brasileira de Ciências, Associação Brasileira de Farmacêuticos e Sociedade Brasileira de Química, a *alma mater* da Associação Brasileira de Química de hoje). É uma situação muito diferente daquela vista quando da sua morte, 27 anos antes.

Em 15 de agosto de 1934, perante numerosa assistência que lotou o Sylogeu Brasileiro, o médico (e sócio) José Antônio de Souza Vianna, depois de pesquisar minuciosamente a trajetória de Mendeleev, incluindo acesso a algumas fontes primárias, proferiu a conferência "Centenário de Mendeleev", em uma reunião ordinária da Sociedade Brasileira de Química, a qual teve ampla cobertura da imprensa (CORREIO DA MANHÃ, 1934; JORNAL DO COMMERCIO, 1934). Ela foi estruturada em duas partes: na primeira, o conferencista traçou as condições necessárias para que "um homem da ciência" seja considerado "um verdadeiro sábio"; na segunda, que ocupou a maior parte do tempo, ele descreveu em detalhe a vida de Mendeleev, procurando ressaltar seus aspectos pessoais, para entrar em seguida na questão da Tabela Periódica. Ele transcreveu as próprias afirmativas de Mendeleev para assinalar a convicção da previsão da descoberta de certos elementos, mais tarde confirmada com as descobertas dos mesmos, fazendo com que sua tabela figurasse entre as conquistas marcantes da ciência. O texto integral da conferência é transcrito a seguir (VIANNA, 1934,1936).

Jornal do Commercio, Rio de Janeiro,
7 de outubro de 1934
CENTENÁRIO DE MENDELEEFF
Conferência feita na Sociedade
Brasileira de Química
pelo Dr. J. A. Souza Viana,
na sessão de 15 de agosto

A figura do Sábio – Sendo a nossa reunião do dia de hoje, exclusivamente destinada a comemorar o centenário do nascimento da ciência, iniciaremos a presente oração por breves considerações sobre o modo de ser do Sábio, autentico, que pressupõe, necessariamente, a existência de um tríplice ideal, qual seja, e de concorrer para o progresso da ciência, e de elevar o nível científico da classe dos estudiosos professando ou escrevendo e, finalmente, o de penetrar profundamente na espera dos valores dos valores onde reside o verdadeiro sentido das supremas aspirações do espírito. Esse tríplice ideal domina o drama da vida do sábio, eu na ânsia de expandir a sua rica e fecunda imaginação criadora, rasga para a ciência novos e imprevistos horizontes, deixando gravado em todos os pontos onde repousou a sua inteligência o selo da originalidade, dissipação a nuvem e pondo a descoberto o CEO azul da verdade. A potência da sua organização espiritual, porém, não o deixa tranquilo. Procura incessantemente, novos motivos e novas descobertas cedem ao impacto de sua genialidade e do seu talento. A gloria o persegue, mas ele a despreza porque ama a verdade e a perquire em toda parte.

As suas emoções ao sentir-se tão próximo da bem – amada despertam-lhe o desejo de trazer ao seu convívio os que se encontram dela afastados. E, assim, sua alma se entrega ao nobre mister da evangelização – Alma do educador, Alma de artista, Alma de santo – que, nos momentos de desespero e desilusões – reconforta, enleva e purifica. E quando verificamos que toda essa projeção do Eu no mundo social criando, vitalizando e orientando, obedece ao impulso sereno e harmonioso de um espírito necessariamente sadio e equilibrado, não podemos deixar de lamentar aos que desprezando o seu influxo bem-fasejo preferem aderir inconscientemente aos ensinamentos dos profetas da decadência e da dissolução, dos vencidos e dos medíocres - fantasmas de uma geração inerte – porque a vida é juventude, é entusiasmo, é esperança, é realização, harmoniosamente orientados no sentido da conquista e da superação dos valores sociais e Moraes, que nos foram legados pelas civilizações passadas. O traço predominante da personagem de Mendeleeff enquadra-se de algum modo no do tipo romântico de Ostwald (grosse Manner), que assim descreve: "Os românticos trabalham rapidamente, distinguindo-se dos clássicos por uma fecundidade muito maior, mas também por uma maior superficialidade. Ao passo, que o clássico limita deliberadamente o seu tema, procurando aprofundá-lo o mais possível; as investigações do romântico se caracterizam, principalmente, pela abundancia e variedades dos temas e questões que aborda. Ao mesmo tempo, os românticos são muito mais ágeis e expansivos. a meude possui em grau elevado o dom da exposição. E nós sabemos quanto foi notável Mendeleeff por suas aulas cheias de inspiração, que arrebatavam e prendiam a atenção dos seus discípulos.

E são capazes, não só de inspirar-se a si mesmo, como também, de inspirar aos demais, contagiando-se do seu interesse pela matéria, tal como o faz Mendeleeff nos seus "Princípios de Química", que é um verdadeiro tesouro de ideias, que muito valeu aos que nele buscavam sugestões para novas descobertas. Por isso angariam um auditório muito mais vasto e um maior numero de discípulos e sequazes. Sirva-nos de exemplo os casos do romântico Schelling e do clássico Negel Oude S. Boaventura e S. Thomaz d'Aquino. "Na ciência, os românticos são geralmente revolucionários, interessam-se principalmente pelas esferas pouco investigadas, esforçando por descobrir novas e vastas perspectivas nas mesmas, ao passo que os clássicos em sua maior parte, os matérias já preparados criando com eles um todo estruturado e definido". Esta singela imagem permite-nos concluir que o descobridor da lei periódica foi, concomitantemente, um romântico e um clássico.

A vida do Sábio, entretanto, não se reduz, apenas, aos reflexos da sua inteligência e das suas tendências projetadas no conjunto da sua obra. Há sempre uma face da vida que escapa a nossa

indagação, mesmo daqueles que nos deixaram as suas autobiografias. E a historia do drama intimo da vida, que determinada por múltiplos fatores desenvolve uma luta tremenda numa preocupação constante de libertação. A influência perpetua da alma da raça e da alma do povo, da família e da escola, da posição social e do fundo espiritual inato, e ainda de todo o complexo biotipológico e das condições do meio ambiente, tais são as influencias determinantes que seriam interessantes analisar na formação da personalidade de Mendeleeff.

O biografo começaria interrogando e procurando interpretar o eslavo nascido em 7 de fevereiro de 1834, em Tolbobsk, em pleno coração da Rússia. Cidade onde se ergue majestoso no centro de uma praça, o monumento do cossaco conquistador da Sibéria, Iermak: onde os rios gelam durante 9 meses, toda cercada de imensas florestas. Pátria dos banidos condenados pelo governo da Rússia, outrora caminho forçado pela Sibéria. Foi ali que Mendeleeff passou a sua infância e a primeira fase da sua juventude até terminar o curso de ginásio. Infelizmente, por carência de dados biográficos nada podemos adiantar sobre esse período da sua vida e que seriam altamente instrutivos.

Mendeleeff aparece na historia durante o período dos grandes movimentos socialistas e das grandes convulsões nacionais que agitaram todo o continente europeu, assinalando a revolta dos oprimidos pelas reivindicações dos seus direitos e das suas liberdades sonegadas. Nasceu no reinado de Nicolau I, o inimigo implacável das ideias revolucionárias, que fechou a Rússia a todo o influxo intelectual estrangeiro e que num requinte de compressão proibiu aos intelectuais russos irem buscar em outros países as luzes do conhecimento, excluindo, portanto, a possibilidade de se estabelecer o intercâmbio cientifico, que tanto favorece e fomenta o desenvolvimento da ciência. Basta lembrar os casos de Dostolewsky e dos igualmente ilustres pensadores Aksakov, Hersen, Bielinsky e Solovlov, que foram atrozmente perseguidos pelo simples fato de se reunirem para a leitura dos livros provindos do ocidente e pelas ideias liberais que sustentavam.

Este estado de coisas teria conduzido a Rússia a um futuro sombrio se com o advento do reinado de Alexandre II as diretrizes governamentais não tivessem tomado rumo diverso. Fiel, por principio as ideias de seu pai de que foi incansável auxiliar, porém influenciado pela formação mental que recebera do seu preceptor Jouhosky, empreendeu Alexandre uma serie de reformas consagradas do celebre manifesto de 19 de fevereiro de 1861 o czar Alexandre III, cognominado o pacifico, que consegue extinguir praticamente o terrorismo. A mentalidade universitária atraente influenciada pelos novos ideais resultantes das conquistas liberais e mais consciente da mesma devido ao florescimento da ciência e das artes, numa investida crescente contra os princípios de autocracia que jamais deixou o pensamento monárquico, move uma ação intensa contra o governo que veio a se agravar coma fome e a miséria dos tristes anos de 1891 e 1892. Foi diante desse cenário que assume as rédeas do governo o infeliz Nicolau II em 1894 e que após promover duas conferencias da paz (sempre as conferencias da paz), entra logo depois em luta contra o Japão que, até esta data, acreditava-se, sem expressão militar, que lhe inflige dura derrota abalando profundamente o prestigio da Rússia junto às demais potências.

O resto é dos nossos dias e escapa a observação do sábio Mendeleeff que veio a falecer a dois de fevereiro de 1907. Pois bem, foi neste ambiente de lutas intensas que a plasmou e transcorreu a personalidade e a vida do grande químico. É possível que a sua alma tenha permanecido impassiva de ante de tão formidáveis acontecimentos para ficar confiada literalmente nos altos problemas que a ciência lhe impunha?

É bem possível, porém acreditamos que o notável professor tenha exercido grande influencia junto aos seus discípulos mais próximos a julgar pelas atitudes tomadas pelos universitários e pelos seus trabalhos

que tiveram um grande alcance econômico-social.

Terminando os seus estudos secundários na terra natal dirigiu-se Mendeleeff para a capital da Rússia, matriculando-se no instituto pedagógico, de St. Petersburgo, instituição destinada à formação do professorado secundário. Tendo exercido por algum tempo a atividade de professor, ingressou na universidade de St. Petersburgo onde logrou conquistar brilhantemente o grau de Magister Chemiae, em 1856, isto é, aos 22 anos de idade. Foi durante o seu último ano de vida acadêmica que iniciou as suas pesquisas sobre os volumes específicos, estimulado pelos trabalhos de Hermann Kopp, o autor das obras magistrais sobre a historia da quimica (Entwicklung der Chemie in der neueren Zelt e Geschict der Chemie), que por seus trabalhos relativos aos volumes específicos dos líquidos e tantos outros publicados nos Annulen der Chemie und Pharmacie, pode ser considerado o fundador da física molecular, termo este mais tarde consagrado na ciência por John Tyddal na obra "Contributions to molecular Physics", publicada em Londres em 1872.

Depois de concluir o seu curso universitário, partiu Mendeleeff para Heidelberg onde permaneceu durante dois anos. Voltando à Rússia, foi nomeado professor de química no instituto tecnológico de St. Petersburgo e conquistando finalmente aos 32 anos de idade a cadeira de química da universidade de St. Petersburgo.

Este ligeiro apanhado da sua vida mostra-nos quanto foi extraordinária a sua dedicação aos estudos, e sobretudo o seu talento se atentarmos um pouco no fato de sua descoberta da lei periódica logo depois, isto é, aos 35 anos de idade.

Embora mais conhecido pelos seus trabalhos sobre o sistema periódico, sabe-se que a sua atividade cientifica projetou-se nos mais variados domínios da química e mesmo fora dela são conhecidas as suas importantes contribuições à geologia e à mineralogia. Muito lhe deve a físico-química e a filosofia da química.

São conhecidos os seus estudos sobre a ação de contato, sobre a elasticidade dos gases em colaboração com seus discípulos, sobre a destilação fracionada, sobre a solução, sobre a combustão das substâncias orgânicas, e tantos outros que seria longo enumerar. A sua hipótese sobre a origem do petróleo teve grande aceitação. Segundo a sua teoria de emanação a água penetrando nas fendas da terra entraria em contato com os carburetos metálicos altamente aquecidos na piroesfera, formando óxidos metálicos e hidrocarbonetos gasosos, que por condensação nas porções frias da crosta terrestre transformar-se-iam em petróleo. Hipótese que postula uma fonte orgânica para a origem do petróleo em oposição a de Engies que sustenta provir o mesmo de animais marinhos após uma serie de transformações químicas.

Mendeleeff não foi um empírico, nem um audacioso como sustentam alguns críticos superficiais e para nos certificarmos disso basta ler o prefacio da terceira edição russa dos seus princípios de química, e sobretudo o que diz na sua celebre segunda memória onde sustenta com firmeza as propriedades que deveriam apresentar os elementos a serem descobertos e que o distingue de quantos se preocuparam com o sistema dos elementos. No referido prefácio diz "Os dados práticos experimentais ocupam o seu lugar, porém os princípios filosóficos da ciência química formam o tema básico da obra". E mais adiante: "Procurei despertar no leitor um espírito de pesquisa, que insatisfeito com os raciocínios especulativos deverá sujeitar cada uma das ideias á experiência e exercitar o habito do trabalho pertinaz que vai do conhecido ao desconhecido, evitando igualmente o violo dos extremos perniciosos, a utopia, uma contemplação visionária que procede tão somente de uma corrente de pensamento e a estagnação realista, que se contenta, unicamente, com os fatos simples..." E relativamente aos elementos ainda desconhecidos diz:

"Descreverei a propriedade de certos elementos cuja descoberta é esperada, a fim de assegurar a justeza da lei periódica; ainda que somente realizada no futuro".

Passa então a escrever as propriedades do eka-boro, do eka-aluminio e do eka-silício, respectivamente, o escândio, o gálio e o germânio, que foram plenamente confirmadas posteriormente. Estes fatos que despertaram um grande entusiasmo e admiração pela obra desse grande químico resultam mais de uma previsão consciente de que o arrojo de uma ideia diretriz, embora a classificação natural e a lei periódica tenham tido os seus fundamentos na síntese das analogias que como método é na verdade mais um pensamento diretor, uma antecipação, do que mesmo uma prova.

E o próprio Mendeleeff, na sua "Faraday Lecture", em 1889, nos diz: "A lei periódica foi o resultado direto do conjunto de generalizações dos fatos estabelecidos que se acumularam no fim da década de 1860-1870". Não quer isto dizer, que a considerava perfeita e acabada e ainda em 1879, escreve – "Espero que para o futuro novas forças se empenharão em dar as premissas fecundas da lei periódica uma nova ordem filosófica apoiando-a em sólidos pilares por novas experiências, que dariam maior estabilidade do edifício começado".

Do sistema periódico – Não faremos aqui uma historia do sistema natural dos elementos desde a sua origem, que a bem dizer tem as suas raízes na filosofia indiana, nas especulações de kananda, nem iremos buscá-la nos filósofos atomistas na aurora da filosofia grega. Nem tão pouco uma resenha histórica do sistema periódico desde a primeira tentativa de N. H. Marne em 1786, e seguida pelas investigações de J. W. Dobereiner, M. Pettenkoefer, W, Odding, J. P. Gladstone, J. A. Newlands, A. Begyer de Chancourtois, ou o de Gustavus Henrichs. Limitar-nos-emos aos trabalhos de Mendeleeff considerando-os até as suas últimas consequências. Não discutiremos também questões suscitadas relativamente à prioridade da descoberta. Porque neste particular nada nos resta fazer se não nos inclinarmos diante do gesto sobremodo elegante e justo da sociedade de química, que não esquecendo os trabalhos de seu compatriota Newlands encerra a discussão concedendo igualmente aos dois criadores do sistema periódico, Lothar Meyer e Dimitri Mendeleeff, a medalha Davy, que fora instituída para premiar o criador do referido sistema.

A participação nos trabalhos científicos é um fato histórico que mostra e evidencia o sentido social da ciência como síntese da contribuição individual de cada pesquisador na elaboração do seu majestoso edifício. Que não será unicamente franqueado e conhecido da classe eleita, mas acessível a todo curioso, que conduzido por um guia – o divulgador da ciência – lhe mostre os tesouros preciosos que ela guarda dentro de si. Em poucas palavras, a vulgarização do saber de que nos fala Miguel Osorio. Deste saber, que nasce da intuição e da reflexão e postula que a ordem das coisas tem uma raiz na realidade e que tenta compreendê-la por uma redutibilidade do diverso a identidade generalizadora da lei através das oscilações do ritmo dialético do pensamento analítico-sintético. Que se forma por uma reação interna decorrente da preexistência de uma polaridade entre a extensão e a compreensão, entre o racional e o irracional, entre a multiplicidade coerente e a unidade, entre a qualidade e a quantidade. O sentido da ciência moderna do mundo físico, mais do que nunca está orientado e se conta segundo a reta que marca os valores crescentes da extensão. E a compreensão, que se apresenta como uma antípoda da extensão, paradoxalmente, e segundo o ponto de vista atual, resulta de uma síntese levada a efeito na multiplicidade, após uma analise profunda dos dados colhidos do mundo fenomenal da realidade, a qual retrocede sempre quando tentamos desvendar os seus elementos primordiais. É todo o problema da física moderna: da ontologia da matéria com as suas propriedades fundamentais do espaço-tempo, divida em ondas e corpúsculos a refletir a incerteza e a complementaridade que reina na interpretação dos fenômenos naturais, restringindo o alcance do clássico principio da causalidade. Todas as descrições dos fenômenos serão expressas a partir de considerações estáticas e conduzirão a uma nova forma de

determinismo relativista. A descontinuidade será mantida como principio metodológico deconformidade com o máximo de precisão dado pelos aparelhos de medidas e em face da natureza das constantes universais. A síntese e o campo unitário constituirão as aspirações filosóficas, mas o ponto de vista da quantificação prosseguirá com todo o cortejo de equações diferenciais parciais e com todos os operadores.

Porem como estamos a ver, as funções de onda acabam por transpor a zona neutra, patrimônio da extrapolação e surgem os paradoxos, como o de Klein, por exemplo, resultante dos estados de energia negativa a que conduziram as célebres equações de Dirac. Será, pois, possível criar um novo dualismo capaz de interpretar o conjunto, por uma síntese do ritmo e da estrutura do ritmo-estrutura? No presente caso (estrutura da matéria) a nossa estrutura equivale à representação topológica de corpúsculos ou de simples condensações, abstração feita da sua natureza, à semelhança de um campo de forças ou de qualquer outra representação homologa. Realizamos, assim, intuitivamente, um campo ou uma configuração ideal, porque lhe tiramos hipoteticamente qualquer expressão dinâmica. Realizada esta ficção, procuremos intuir a noção de ritmo em primeira aproximação na noção corrente de onda. Digo agora as estruturas evoluem segundo um ritmo prefixado.

Sendo porém a primeira noção complementar quanto a seu modo de ser em relação a segunda, temos a impressão que conduzem a uma incerteza, que transcende, aos recursos de analise, mas seja dito também que esta ultima não é qualquer coisa do acabado e suscetível de novas adaptações. Porém verificamos que, estudadas sobre um ponto de vista diferente, podemos eleger a uma nova ordem de conhecimentos e por conseguinte a um novo modo de compreensão das coisas. Deixamos de prosseguir na analise por varias circunstâncias imperiosas, e sobretudo em consideração à ciência.

O sábio russo cujos trabalhos marcam uma nova era para a ciência química começou as suas investigações sobre os pesos atômicos dos elementos e suas propriedades químicas em 1868. Preparou seu primeiro ensaio sobre a "Correlação das propriedades com o peso atômico dos elementos" em março de 1869, qual foi lido aos 6 de março do mesmo ano na Sociedade de Química da Rússia, fundada aos 26 de outubro de 1868, e publicado no primeiro volume do jornal dessa sociedade em 1869. Contém, além da primeira taboa periódica dos elementos, a enunciação da lei periódica sobre a forma de conclusões que transcrevemos:

1 – Os elementos dispostos segundo os pesos atômicos crescentes exibem uma periodicidade evidente de propriedades.

2 – Os elementos que se assemelham em suas propriedades químicas tem pesos atômicos de valor aproximadamente idênticos (platina, ósmio, irídio), ou que aumentam com regularidade (potássio, rubídio, césio).

3 – A disposição dos elementos em grupos na ordem dos pesos corresponde às suas valências como também às suas propriedades químicas características, como é evidente entre outras séries, exemplo, lítio, berílio, boro, carbono, nitrogênio, oxigênio e flúor.

4 – O elemento mais espalhado na natureza deve ser o de menor peso atômico (exemplificado com o hidrogênio).

5 – A magnitude do peso atômico determina as propriedades do elemento, assim como a magnitude da molécula determina o caráter de um corpo composto.

6 – Devemos descobrir alguns novos elementos, por exemplo, elementos análogos ao alumínio e ao silício de pesos atômicos compreendidos entre 65 e 75.

7 – Alguns elementos devem admitir correções relativas em seus pesos atômicos, exemplo: o de telúrio deve estar compreendido entre 128-126 e não 128.

8 – Da tabela acima pode deduzir-se novas analogias entre os elementos.

Prosseguindo nos seus estudos apresentou na

reunião do 3º Congresso de Naturalistas Russos, aos 23-10-1869 em Moscou, sua comunicação posteriormente publicada em relatórios do congresso e intitulada "Sobre o volume atômico dos corpos simples onde expurgando as imperfeições da primitiva tabela apresenta uma nova tabela que deverá ser" – o protótipo de todas as taboas periódicas futuras. Por isso laboram um erro em que afirmam que a forma moderna de taboa periódica dos elementos de Mendeleeff foi dada em 1871 e não em 1869. Tal é o modo de ver de Menschuticin no seu artigo "Early History of Mendeleeff's Periodic Law", na revista Nature, de junho de 1934.

A segunda memória de Mendeleeff foi publicada no primeiro volume do jornal da Sociedade de Química da Rússia em 1869.

A leitura desta nos mostra que Mendeleeff baseava a sua descoberta não só sobre a ideia dos pesos atômicos como também na constência da valência, escutemo-lo:

"Dizer, por exemplo, que o carbono é um elemento tetra-atômico é anunciar uma propriedade fundamental que aparece em todas as combinações. E o principio que diz ser a soma das valências máximas positivas e negativas iguais a 8, comumente atribuídas a Abbeg, é na verdade devido a Mendeleeff quando afirma: "Os elementos do 5º grupo dão RH_3 e R_2O_5, isto é, que são triatômicos em relação ao hidrogênio e penta-atômicos em relação ao oxigênio, e hexa-atômico em relação ao oxigênio, etc.".

Não obstante as raízes do seu pensamento provinham da crença absoluta sobre a descontinuidade e, por conseguinte, da existência de um número finito de elementos, e que tornava possível a seriação e a representação das relações entre as propriedades dos corpos simples e seus pesos atômicos, por meio de uma função a partir da noção de correspondência de dois conjuntos enumeráveis e finitos. "A lei periódica não deve ser expressa por intermédio de figuras geométricas que supõem sempre a continuidade, mas por um processo semelhante ao que se prega na teoria dos números". Pensamento que acompanhou também L. Meyer nas suas tentativas para estabelecer os gráficos representativos das variações do peso atômico dado em abscissa, e a temperatura absoluta, ponto de fusão e volume atômico, e etc., expresso em ordenadas.

A indução que o conduziu a formular a sua lei periódica deve ter sido idêntica a que conduziu o grande Newton a enunciar a sua célebre lei da gravitação, com a hipótese non fingo. Ambos descobriram duas leis fundamentais da natureza, sob as quais se fundamenta em grande parte a filosofia natural.

Aprendemos melhor o seu pensamento lendo este trecho dos princípios da química:

"Se as propriedades dos átomos são funções do seu peso atômico, uma multidão de noções mais ou menos enralgadas em química deve sofrer uma modificação, uma transformação no sentido desta conclusão. Se bem que pareça, a primeira vista que os elementos químicos seja individualidades absolutamente independentes, é preciso substituir atualmente, a esta noção sobre a natureza dos elementos, a da dependência das propriedades dos elementos em função da sua massa, isto é, ver a subordinação da individualidade dos elementos ao principio geral superior que se manifesta na gravitação e em todos os fenômenos físico-mecânicos. Nestas condições, diversas conclusões químicas adquirem um novo sentido e uma nova significação; surgem regularidades já onde elas teriam passado despercebidas. Fato que é verdadeiro em se tratando das propriedades químicas".

Ainda na sua segunda memória, alude à curta serie de fatos acumulados pelos pesquisadores que lhe antecederam, mostrando destarte como foi conduzido a enunciar a celebre lei periódica. "Do que precede e de outras comparações que efetuei, resulta que todas as funções que indicam como as propriedades dependem do peso dos átomos são funções periódicas." A principio as propriedades dos elementos se modificam em razão do aumento dos pesos atômicos, e depois se repetem em uma nova

série de elementos, um novo período, com a mesma regularidade que era observada na série precedente

A lei periódica pode, pois, ser formulada do seguinte modo: "As propriedades dos corpos simples, a constituição de suas combinações, assim como as propriedades destes últimos são funções periódicas dos pesos atômicos dos elementos". Após dividir os elementos em pequenos e longos períodos, e dar a sua segunda tabela, faz ressaltar as analogias que resultam desta disposição assim:

Os metais do oitavo grupo são todos de cor cinzenta e dificilmente visíveis, a fusibilidade aumenta do ferro ao cobalto e ao níquel, do rutênio ao ródio e ao paládio, do ósmio ao irídio e à platina. Possuem volumes atômicos reduzidos em relação aos membros vizinhos. Possuem em alto grau a faculdade de se condensar e de abandonar o oxigênio e etc. Enfim, toda uma química comparada baseada numa multidão de dados físico-químicos. É um esforço gigantesco de codificação do disperso num corpo orgânico estruturado amplamente atingido apesar dos retoques e das extensões que sofreu.

Depois do estudo comparado diz: "o que precede esclarece a natureza da lei periódica. Toda lei natural não adquire uma importância cientifica senão quando introduz, por assim dizer, consequências praticas, ou em outras palavras se admite conclusões lógicas explicando o inexplicado, fazendo remontar a fenômenos ate então desconhecidos, e, sobretudo se provoca previsões que podem ser confirmadas pela experiência.

Em um caso deste gênero, a utilidade da lei é evidente, e é então possível controlar sua exatidão. Esta lei incitará pelo menos a elaboração de novas partes da ciência. Eis porque me proponho estudar atentamente algumas consequências da lei periódica e examinar como se pode aplicar ao sistema dos elementos, à determinação dos pesos atômicos. Chama a atenção para o valor pedagógico e heurístico do sistema dos elementos, os quais ele divide em artificiais e naturais, exaltando as vantagens desse ultimo, fazendo aplicações da sua atomanologia a casos particulares e estudando circunstanciadamente a marcha a seguir nas investigações sobre os elementos, baseada sobre a lei periódica, isto é, apresentando um valioso método de pesquisa cientifica, o que justifica o que atrás afirmamos, dizendo que as suas obras são uma fonte de inspiração, de sugestões para novas descobertas.

Mas adiante responde à pergunta. O numero dos elementos é limitado ou ilimitado?

Dizendo: "Considerando-se que o sistema dos elementos conhecidos até o presente é limitado, e por assim dizer fechado: que os aerólitos, o sol e as estrelas nos ofereçam os mesmos elementos que nos são conhecidos, que as propriedades ácidas desaparecerão paulatinamente à medida que o peso atômico aumenta e ainda que a maior parte dos elementos de peso atômico elevado constituem metais pesados e dificilmente oxidáveis, é de admitir que o número dos elementos que nos são acessíveis é muito restrito e se pode presumir que a descobertas de outros novos metais pesados no interior da massa terrestre é não só limitada em número como em quantidade."

Enfim quase ao terminar a sua segunda memória dá-nos Mendeleeff a chave do seu pensamento tal qual já expusemos atrás. "Não tenho a pretensão de ter erigido, por meio de considerações que acabo de expor, um sistema definitivo: sei que muitos aperfeiçoamentos e adições são ainda necessários, porém creio que a direção indicada e acima seguida conduzirá mais facilmente que qualquer outra ao fim entrevisto pelos químicos. As hipóteses audaciosas têm para nosso espírito algo de atraente; provocam geralmente um progresso passageiro; mas conduzem na maioria dos casos a conclusões inexatas e caem por si mesmas no esquecimento, sobretudo se não tem a apoiá-las as leis filosóficas, porque é para descoberta de tais leis que devem tender inicialmente os esforços científicos. Ensaiei nos desenvolvimentos que precedem apoiar-me sobre as leis da substituição, dos limites, assim como sobre a lei periódica, e creio que estas leis devem ser tomadas por base em todas

as generalizações sobre as formas de combinação dos elementos."

O amor devotado à ciência experimental e o horror a toda especulação infundada podem ser apreciados na réplica que fez as investidas de Berthelot. Na sua "Faraday Lecture" diz: "Ele mistura simplesmente a ideia fundamental da lei periódica com as ideias de Proust, dos alquimistas de Demócrito relativas à matéria primordial."

Porém a lei periódica, baseada como está, nos fundamentos colhidos e firmes da investigação experimental, envolveu independentemente, de qualquer concepção sobre a unidade da matéria ou sobre a natureza composta do elemento, do que as de Avogrado, ou a lei dos calores específicos ou mesmo as conclusões da analise espectral. Dos sucessos e dos insucessos de muitas tentativas para achar uma prova experimental ou especulativa do caráter composto dos elementos e da existência da matéria primordial, é evidente, segundo a minha opinião, que estas teorias podem ser classificadas entre as utopias. Porém as utopias só podem ser combatidas pela liberdade de opinião, pela experiência e por novas utopias. Na república das teorias cientificas é mantida a liberdade de opinião. É precisamente esta liberdade que me permite criticar abertamente a ideia largamente difundida da unidade da matéria dos elementos. As experiências e as tentativas para confirmar esta ideia têm sido tão numerosas, que seria instrutivo reuni-las todas, a fim de se interporem à repetição de antigos insucessos.

No rápido esforço que acabamos de fazer sobre a vida e a obra de Dimitri Mendeleeff procuramos tanto quanto nos foi possível elevar a personalidade de Mendeleeff à altura em que deve ser colocada. Pela figura do sábio autêntico conclui-se que ele o foi em toda a concepção do termo. O traço predominante romântico dá-nos as suas obras, as suas descobertas e a sua atividade professoral. O seu grande amor pela ciência e a sua abnegação podem inferir de seu intenso labor cientifico apesar das dificuldades que teve de vencer em face da situação política do seu país, e por outro lado a trajetória brilhante de sua vida até alcançar as mais elevadas posições a que pode aspirar um homem de ciência. O espírito penetrante, claro e filosófico, vemos na síntese e na coordenação do imenso material de que se serviu para chegar às conclusões sobre a lei periódica e nas magistrais obras que escreveu, entre outros e "Princípios da Química Orgânica" e na publicação da primeira Enciclopédia de Química Russa. A probidade cientifica e a sinceridade, encontramos a cada passo na leitura dos seus trabalhos e nas dos críticos que dele se ocuparam. A sua obra social pode ser apreciada em particular pela influencia que exerceu no desenvolvimento da indústria do petróleo de Baku, que até então não passava de um monopólio com expansão reduzida e rotineira. A sua genialidade e o seu talento transparecem nas previsões e na noção de periodicidade, que indicam as vias a serem seguidas na pesquisa cientifica e que se mostrou de grande fecundidade apesar de todas as anomalias manifestadas no seio do sistema e de sua lei, como também se verificou com a mecânica newtoniana, razão por que o colocamos junto a Newton. Assim procedemos porque somos de opinião que um homem só pode ser compreendido tendo-se em vista a época em que viveu e as circunstâncias que influíram na sua vocação e, sobretudo pelo valor heurístico de suas ideias básicas consideradas no futuro. Logo é injusto e precário todo julgamento histórico que prescinde da noção de espaço e de tempo.

As mudanças efetuadas a alguns elementos mal colocados na tabela; a descobertas dos elementos das terras raras criando uma dissimetria no mesmo; a descoberta dos gases nobres por Ramsay, criando o XI grupo; a descoberta dos elementos radioativos por Becquerel, Curie e outros; os estudos de Rutherford sobre o núcleo atômico de que resultou a noção de número atômico e os trabalhos de Moseley; os isótopos por Sossy e Aston que decorrem de notável desenvolvimento da analise espectral, ferindo profundamente a clássica definição de elemento, contribuindo pelo contrário para uma melhor e mais

profunda compreensão da natureza da estrutura intima da matéria; a instituição dos números quânticos e dos princípios que devem reger de agora em diante a física teórica, enfim, as novas teorias da valência baseadas nas novas mecânicas e os recentes estudos sobre a estrutura e configuração molecular baseados nos estudos sobre a estrutura microcristalina e sobre as propriedades eletromagnéticas de que se ocupam os colaboradores de Debye, não vieram demolir a obra do grande Mendeleeff, porém completar e justificar uma intuição apoiada em uma síntese de analogias que nascera nos meados do século passado. A tabela e a lei periódica subsistem nos seus fundamentos ainda que sobre novos aspectos oriundos do progresso incessante da ciência natural ou terminando com Eddington: "Uma revolução na ciência não significa que se devam lançar ao fogo as peças já postas em seus lugares: quer antes dizer que a instalação de novas peças nos obriga a modificar a ideia que formávamos do quadro a representar". Dentre todas as nossas tentativas desajeitadas, o germe da verdade cientifica cresce sem cessar; desta verdade se pode dizer: plus ça change plus c'est la même chose.

CONCLUSÕES

O emprego da mídia impressa e de livros de ensino de química se mostraram fontes relevantes para o entendimento da trajetória de Mendeleev e de sua Tabela Periódica, embora dificuldades com a grafia do sobrenome do cientista russo e a multiplicidade de formas de denominação da tabela tenham tornado a pesquisa mais laboriosa.

Foi preciso esperar cerca de meio século para que Mendeleev firmasse sua presença no Brasil através da Tabela Periódica que propôs – anos após sua morte – superando citações relacionadas à sua atuação na indústria de petróleo, e a não inserção em livros de química editados no país. A década de 1920 parece representar uma transição entre uma abordagem narrativa, superficial e simplificada da Tabela Periódica por um conteúdo mais interpretativo, denso e diversificado, visto que não apenas livros didáticos, mas também textos de divulgação publicados na mídia impressa disseminavam a nova contribuição à ciência.

O centenário de nascimento de Mendeleev foi uma oportunidade de reconhecimento do valor de seu trabalho através de atividades realizadas por sociedades científicas brasileiras, contrastando com a pouca atenção dada à sua morte.

AGRADECIMENTOS

A D. R. Ferreira e A. L. Maia pela digitação de textos de matérias de jornal inseridos neste trabalho.

REFERÊNCIAS

"A Face da Terra: um relógio decimal e dois novos elementos químicos". CORREIO DA MANHÃ, ano XXX, n. 10945, Rio de Janeiro, 27 de agosto de 1930, p. 2.

A.G.S. "A classificação periódica dos elementos químicos". A MANHÃ, Rio de Janeiro, ano IX, n. 2653, 1º de abril de 1950, p. 2.

"Ajustam-se os nomes. A NOITE SUPLEMENTO, Rio de Janeiro, n. 1164, 19 de junho de 1951, p. 27.

"A origem do petróleo". CARETA, ano XXX, n. 1520, 16 de outubro de 1937, p. 22.

"A química progride". CORREIO DA MANHÃ, Rio de Janeiro, ano XXV, n. 9463, 1º de dezembro de 1925, p. 4.

"A transformação do cobre". GAZETA DE NOTÍCIAS, Rio de Janeiro, ano XXXIV, n. 12, 12 de janeiro de 1908, p. 4.

"Além do urânio". REVISTA BRASILEIRA, Rio de Janeiro, n. 4, 1934, p. 125-127.

von ANTROPOFF, A. "Eine neue Form des periodischen Systems der Elemente". *Zeitschrift für angewandte Chemie*, Berlim, vol. 39, n. 23, p. 722–725, 1926.

"Apontamentos de Química". REVISTA DE ENGENHARIA, Rio de Janeiro, n. 104, 14 de janeiro de 1884, p. 160-162.

"As grandes invenções". A NOTICIA, Rio de Janeiro, ano VI, n. 10, 11 e 12 de janeiro de 1900b, p. 2.

"Bases para o inquérito sobre o petróleo". DIÁRIO CARIOCA, Rio de Janeiro, ano IX, n. 2424, 11 de

junho de 1936, p. 10.

"Chimica – equivalentes chimicos". O AUXILIADOR DA INDÚSTRIA NACIONAL OU COLEÇÃO DE MEMÓRIAS E NOTÍCIAS INTERESSANTES. Sociedade Auxiliadora da Indústria Nacional, Rio de Janeiro, 1846, p. 9-11.

"Chimica aplicada à indústria". REVISTA POPULAR – JORNAL ILUSTRADO. B. L. Garnier (Ed.), Rio de Janeiro, Ano I, Tomo 4, 1859, p. 168-172.

CHOPPIN, G. R. 'Mendelevium'. CHEMICAL AND ENGINEERING NEWS, vol. 81, n. 36, p. 176, 2003.

DALTRO, H. "Impressões literárias sobre o poema do átomo". A BATALHA, Rio de Janeiro, 16 de abril de 1939, p. 2 (http://www.abq.org.br/rqi/2014/762/RQI-762-pagina30-Nota-Tecnica-O-Sistema-Periodico-dos-Elementos.pdf).

"Descobriu-se o último elemento químico". A NOITE, Rio de Janeiro, ano XXI, n. 7057, 20 de julho de 1931, p. 7.

"Gálio". O GLOBO, Rio de Janeiro, Ano III, n. 177, 29 de junho de 1876b, p. 2.

"Descoberta d'um novo metal – o gálio". GAZETA MÉDICA DA BAHIA, Salvador, Ano VIII, n. 1, 1876, p. 284.

"Descoberta de um novo metal – o gálio, por Mr. Lecoq de Boisbaudran". O GLOBO, Rio de Janeiro, Ano II, n. 320, 23 de novembro de 1875, p. 2-3.

"Dois novos corpos simples". O PAIZ, Rio de Janeiro, ano XLII, n. 15046, 30 de dezembro de 1925, p. 5.

"Esteve reunida a Sociedade Brasileira de Chimica". CORREIO DA MANHÃ, Rio de Janeiro, ano XXXIV, n. 12541, 17 de agosto de 1934, p. 5.

"Foi descoberto mais um elemento químico". CORREIO DA MANHÃ, Rio de Janeiro, ano XXVII, n. 10067, 8 de novembro de 1927, p. 3.

FRÓES, A. "Química – 4ª série". Livraria Francisco Alves, Rio de Janeiro, 1939, p. 75-83.

"Ideias modernas sobre a estrutura do átomo". REVISTA MARÍTIMA BRASILEIRA, Rio de Janeiro, ano LIII, n. 1-2, 1933, p. 497-501.

"Indústria e Ciências – gálio". DIÁRIO DO RIO DE JANEIRO, Rio de Janeiro, Ano LVI, n. 187, 29 de agosto de 1876, p. 4.

KRAULKEDAT, Werner Gustav. "Dimitri Ivanovitch Mendeleeff – o químico que se tornou profeta". CIÊNCIA PARA TODOS, Rio de Janeiro, 25 de julho de 1948, p. 11 e 18 http://www.abq.org.br/rqi/2014/763/RQI-763-pagina47-Nota-Historica-Dimitri-Ivanovitch-Mendeleeff.pdf.

"Laureados com o Prêmio Nobel". CORREIO DA MANHÃ, Rio de Janeiro, ano XLV, n. 15659, 17 de novembro de 1945, p. 3.

LIBERALLI, C. H. "O Sistema Períodico e os Novos Elementos". Papelaria e Tipographia Rio Branco, Rio de Janeiro, 193-3.

MALTA, C. "Compêndio de Physica Elementar e de Chimica Geral". Typografia do Jorna do Commercio: Rio de Janeiro, 1928, p. 298-306.

"Mapas dos pesos específicos". DIÁRIO DO RIO DE JANEIRO, Rio de Janeiro, Ano XLIV, n. 291, 1864, p. 2.

MENEZES, a. X. O. "Princípios de Química Moderna". Flores & Mano eds: Rio de Janeiro, 1924, p. 77-86.

"Miscelânea Científica – gases nobres". A NOTICIA, ano VII, n. 107, Rio de Janeiro, 9 e 10 de maio de 1900a, p. 2.

"Miscelânea Científica – gases nobres". A NOTICIA, ano IX, n. 103, Rio de Janeiro, 2 e 3 de maio de 1902, p. 3.

MOISSON, I. Introduction to Astronomy and Cosmology. Willey, New York, 2008.

"Morte de Mendeleev". JORNAL DO BRASIL, Rio de Janeiro, ano XVII, n. 76, 17 de março de 1907, p. 6.

"O argônio". O PHAROL, Cuiabá, ano VI, n. 264, 1º de setembro de 1910, p. 1-2.

"O eclipse solar". A IMPRESA, Niterói, ano IX, n, 1727, 24 de setembro de 1912, p. 14.

"O eclipse solar". JORNAL DO COMMERCIO DO RIO DE JANEIRO, ano 86, n. 265, 22 de setembro de 1912, p. 2.

O petróleo". GAZETA DA TARDE, Rio de Janeiro, Ano IX, n. 291, 19 de dezembro de 1888, p. 1.

"O petróleo". O SÉCULO, Ano V, n. 1322, 8 de dezembro de 1910, p. 3.

"O Professor Niels Bohr, prêmio Nobel de Química, e o novo elemento de sua descoberta – o háfnio". CORREIO DA MANHÃ, Rio de Janeiro, ano XXII, n. 8755, 27 de fevereiro de 1923, p. 1.

"O Sistema periódico dos elementos". A MANHÃ, Rio de Janeiro, 7 de setembro de 1946, p. 4 (http://www.abq.org.br/rqi/2014/762/RQI-762-

pagina30-Nota-Tecnica-O-Sistema-Periodico-dos-Elementos.pdf).

OLIVEIRA, A. J. “O argônio”. REVISTA BRASILEIRA, Rio de Janeiro, tomo III, 1895, p. 254-255.

“Origem das fontes de petróleo”. A CONSTITUIÇÃO, Belém, ano VI, n 215, 24 de setembro de 1879, p. 1.

“Origens do petróleo”. A NOITE ILUSTRADA, Rio de Janeiro, n. 1097, 7 de março de 1950, p. 17.

“Os novos elementos do sistema periódico de Mendeleev”. GAZETA DA FARMÁCIA, Rio de Janeiro, ano XVIII, n. 217, 1949, p. 17.

PINTO, D. S. “Variedades sobre Chimica”. IMPRENSA MÉDICA, Rio de Janeiro, Ano I, n. 2, 1872, p. 14-16.

PINTO, P. A. "Noções de Chimica Geral". Livraria Francisco Alves, Rio de Janeiro, 1913, p. 158-173.

“Pólvora de Pirocolódio de Mendeleiev”. REVISTA MARITIMA BRASILEIRA, Rio de Janeiro, ano XXI, n. 40, 1902, p. 929-938.

“Prêmios Nobel da Ciência – Svedberg”. CIÊNCIA PARA TODOS, Rio de Janeiro, 25 de abril de 1948, p. 15.

“Programas para o concurso de admissão ao corpo de engenheiros navais”. RELATORIOS DO MINISTÉRIO DA MARINHA, 1923, n. 01, p. 54.

“Quadro de elementos naturais, seus pesos atômicos e valências da autoria de um brasileiro”. GAZETA DE NOTÍCIAS, Rio de Janeiro, ano 73, n. 238, 10 de outubro de 1948, p. 1.

“Quadro de elementos naturais, seus pesos atômicos e valências, de autoria de um brasileiro”. GAZETA DE NOTÍCIAS, Rio de Janeiro, n. 238, 10 de outubro de 1948, p. 1.

REGO, L. “Química Atual – Classificação dos Elementos”. O IMPARCIAL, São Luís, ano IV, n. 997, 31 de março de 1929, p. 4.

“Reuniões Científicas”. CORREIO DA MANHÃ, Rio de Janeiro, ano XVI, n. 6388, 21 de agosto de 1916, p. 2.

“Revista Científica”. REVISTA BRASILEIRA, Rio de Janeiro, ano IV, tomo XV, 1898, p. 232-233.

SILVA, L. P. “O poema do átomo”. JORNAL DO COMMERCIO DO RIO DE JANEIRO, ano 112, n. 115, 12 de fevereiro de 1939, p. 6.

SOARES, A. "Noções de Chimica Philosophica". Livraria Zenith: São Paulo, 1921, p. 67.

“Sociedade Brasileira de Química”. JORNAL DO COMMERCIO DO RIO DE JANEIRO, ano 107, n. 320, 17 de agosto de 1934, p. 4.

SOUZA, E. “O novo metal – germanium”. REVISTA DOS CONSTRUTORES, ano I, n. 6, 26 de julho de 1886, p. 88-89; ano I, n. 5, 20 de junho de 1886, p. 79-80.

TEIXEIRA, J. M. "Noções de Chimica Geral", 11a ed. Livraria Francisco Alves: Rio de Janeiro, 1918, p. 337-348.

“Teoria acerca da origem do petróleo”. REVISTA DE ENGENHARIA, Rio de Janeiro, n. 177, 14 de junho de 1888, p. 124-125.

“Um novo metal – o gálio”. O GLOBO, Rio de Janeiro, Ano III, n. 162, 15 de junho de 1876a, p. 2.

“Uma descoberta mais transcendente que o próprio rádio”. O MALHO, Rio de Janeiro, ano XXVIII, n. 1394, 1º de junho de 1929, p. 7-8.

VIANNA, A.; “Notas sobre o Xisto de Maraú – Bahia”. CORREIO DA MANHÃ, ano XXXVI, n. 12920, 23 de dezembro de 1934, p. 7.

“Variedades - germânio”. REVISTA DE ENGENHARIA, Rio de Janeiro, n. 140, 28 de junho de 1886, p. 135.

VIANNA, S. “Centenário de Mendeleev”. JORNAL DO COMMERCIO DO RIO DE JANEIRO, ano 108, n. 6, 7 de outubro de 1934, p. 12; REVISTA DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA, Rio de Janeiro, ano V, nº 1, 1936, p. 7-20.

VILLAR, G. E. “Algunas consideraciones sobre la existencia de una segunda serie de “tierras raras” en el lugar reservado para el actinio en el sistema periódico”. ANNAIS DA ACADEMIA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS, Rio de Janeiro, tomo XII, n. 1, 1940, p. 51-55.

Kinetic modeling and packed-bed reactor simulation for ethylbenzene production process

Modelagem cinética e simulação de reator de leito empacotado para o processo de produção de etilbenzeno

Aline Amaral Madeira

Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil
madeira.alineamaral@gmail.com

Submetido em 14/06/2019; Versão revisada em 23/08/2019; Aceito em 09/09/2019

Abstract

Styrene is a monomer with numerous applications in the polymer industry which, in turn, is obtained through the ethylbenzene dehydrogenation. This work reports the ethylbenzene production process in an approach of the performance response of a Packed-Bed Reactor (PBR) based in β-zeolite catalytic. Three different strategies were simulated and evaluated under production operating in permanent regime: adiabatic PBR, PBR with thermal exchange and PBR with interstage cooling. Simulations were performed using the Matlab software's ODE45 method, by implementing the Runge-Kutta method, from the reactor design differential equations and the governing equations of the reversible reactions involved in the process. The results showed that the adoption of eight stages of thermal exchange with water at 298 K as coolant results in a good stabilization of the temperature in the catalytic bed reactor, favoring the continuity of the process and maintaining, besides good selectivity of the main reaction, conversion of approximately 90%.
Keywords: ethylbenzene, simulation, packed-bed reactor.

Resumo

O estireno, obtido através da desidrogenação do etilbenzeno, é um monômero com inúmeras aplicações na indústria de polímeros. Este trabalho aborda o desempenho de um reator de leito empacotado (PBR) baseado em catalisador β-zeólita para produção de etilbenzeno. Três estratégias diferentes foram simuladas e avaliadas sob operação em regime permanente: PBR adiabático, PBR com troca térmica e PBR com resfriamento interestágios. As simulações foram realizadas utilizando o método ODE45 do software Matlab, por implementação do método Runge-Kutta, a partir das equações diferenciais do projeto do reator e das equações governantes das reações reversíveis envolvidas no processo. Os resultados mostraram que a adoção de oito estágios de troca térmica com água a 298 K como fluido refrigerante resulta em uma boa estabilização da temperatura no reator de leito catalítico, favorecendo a continuidade do processo e mantendo, além de boa uma seletividade da reação principal, uma conversão de aproximadamente 90%.
Palavras-chave: etilbenzeno, simulação, reator de leito empacotado.

INTRODUCTION

The development of research related to the production of styrene has aroused the interest of researchers in the scientific community since the implementation of the first commercial process in 1930. Styrene, whose chemical formula is C_8H_8 is a non-saturated aromatic hydrocarbon which functions as the basis for the production of polystyrene. More than 80% of the styrene production is used for polymerization or copolymerization in the chemical industry, to produce thermoplastics, synthetic rubbers, and resins (JIE et al., 2017; LEITE, OLIVEIRA e RANGEL, 2004; ROMERO e DUARTE, 2016).

Styrene is obtained by dehydrogenation of ethylbenzene (C_8H_{10}), which in turn is synthesized from the catalytic alkylation of benzene (C_6H_6) with ethene (C_2H_4). Ethylbenzene, also known as ethylbenzol, is a colorless, flammable hydrocarbon, a chemical commodity. The reaction mechanism involved is a typical example of a process involving multiple reactions and depends on the ability to maximize the formation of the product of interest. After dehydrogenation, the product stream still contains a large fraction of unreacted ethylbenzene (20-40%). In addition, the reaction generates a secondary product - diethylbenzene ($C_{10}H_{14}$) - used in the production of divinylbenzene. Since the demand for styrene is much higher than for divinylbenzene, the current processes have been adjusted so that selectivity favors the production of ethylbenzene (HUSSAIN, MINH e LEE, 2017; JEWUR, 1984; JIE et al., 2017).

Currently, the homogeneous liquid alkylation process covers more than 24% of ethylbenzene production. Approximately 40% of the world production of C_8H_{10} is realized in the heterogeneous medium in the vapor phase. The remainder is produced in the heterogeneous liquid phase. The process also generates small amounts of impurities with similar boiling points, such as toluene (C_7H_8) and o-xylene (C_8H_{10}), which must also be removed from the product stream. Another unwanted product is formed due to the presence of interferents in the feed stream. Commercial benzene, the reaction product of the reaction of the product of interest, contains a toluene fraction, which, when reacted with ethene, forms propylene (C_3H_6) (ANDRADE e CAMPOS, 2017; EBRAHIMI, et al., 2011; JIE et al, 2017).

Dehydrogenation of ethylbenzene is an equilibrium limited endothermic reaction with typically low conversions, even in processes conducted at elevated temperatures. Due to this endothermicity, the temperature of the catalytic bed decreases significantly in adiabatic reactors during the progress of the reaction, resulting in low conversions. This decrease in temperature also affects the selectivity for styrene, because, under equilibrium conditions, only undesirable reactions occur. Thus, it is necessary to maintain the temperature at a convenient value, in order to promote a high conversion level and high reaction rate (LEITE, OLIVEIRA e RANGEL, 2004).

Due to their excellent behavior and constructive simplicity, Packed-Bed Reactors (PBR) play a key role in chemical process engineering. They have been widely used for over 70 years, being applied in the chemical processes of gas absorption, etching, and catalytic conversion. Although new catalysts and structured reactors have been developed, packaged bed reactors will probably still be used in the coming decades, mainly because of their low cost (FERNENGEL, HABLA e HINRICHSEN, 2018; THIEODOROS e KENIG, 2009).

Many catalysts have already been tested for dehydrogenation of ethylbenzene with water vapor. Iron, aluminum, cobalt, tin, antimony oxides, various mixed oxides, zeolites, and mesoporous materials and supported catalysts were active and selective to styrene. Iron oxides are the most commercially employed because of their catalytic properties and their low cost. Early generations of acid catalysts (such as aluminum chloride or trifluoroborane in alumina) were highly corrosive and had very short lifetimes. More recently, zeolite based catalysts have demonstrated superior properties (ANDRADE e CAMPOS, 2017;

LEITE, OLIVEIRA e RANGEL, 2004; LUTTRELL e PETERSON, 2011).

In this context, based on the increasing worldwide demand for styrene, as well on the challenges associated to your chemical production routes involving multiple reactions, this article aiming to supply the attempt to provide subsidies capable to enrich the range of optimization strategies of the ethylbenzene production processes, following the emerging trend towards the improving of catalytic chemical processes in terms of efficiency, selectivity, and stability. For that, this work strives to delineate a new investigation of the performance of Packed-Bed Reactor with bed based on β-zeolite applicated to three software simulation strategies for ethylbenzene production operating in permanent regime: adiabatic PBR, PBR with thermal exchange and PBR with interstage cooling.

MODELING AND SIMULATION

The elaborated methodology was developed based on Andrade e Campos (2017). A kinetic study was realized for the production process of 80 thousand tons of ethylbenzene per year using benzene and ethene as raw materials. Simulation and optimization analyzes were developed for a Packed-Bed Reactor (PBR), modeled as a Plug-Flow Reactor (PFR). The differential equations of project for the PBR were solved by using the ODE45 method in the numerical solver Matlab, by implementing the Runge-Kutta method by means of the simultaneous modeling and resolution of the velocity equations of the main reaction (equation 1), secondary (equation 2) and impurity (equation 3) as well as equations of mass and energy balance involved in the process.

$$Benzene\ (C_6H_6) + Ethene\ (C_2H_4) \rightleftharpoons Ethylbenzene\ (C_8H_{10}) \quad (1)$$

$$Ethylbenzene\ (C_8H_{10}) + Ethene\ (C_2H_4) \rightleftharpoons Diethylbenzene\ (C_{10}H_{14}) \quad (2)$$

$$Methylbenzene\ (C_7H_8) + 2\ Ethene\ [2(C_2H_4)] \rightleftharpoons Ethylbenzene\ (C_8H_{10}) + Propene\ (C_3H_6) \quad (3)$$

The kinetic and equilibrium parameters that describe the rates of the reversible reactions of the three governing reactions were provided by Andrade e Campos (2017) and were presented by equations 4 to 15. The thermodynamic data of the reagents involved in solving the equations were extracted from Smith, Van Ness e Abbott (2013), except for diethylbenzene (Haynes, Lide e Bruno, 2012), and can be consulted in Table 1. The kinetics of the main (1), secondary (2), and impurity (3) reactions were described and given by equations 16, 17, and 18.

$$k_1 = 255.3 * e^{\left(\frac{-42.496}{RT}\right)} \quad (4)$$

$$k_{-1} = 5.13 * e^{\left(\frac{-68.741}{RT}\right)} \quad (5)$$

$$k_2 = 52.41 * e^{\left(\frac{-53.148}{RT}\right)} \quad (6)$$

$$k_{-2} = 2.667 * e^{\left(\frac{-73.491}{RT}\right)} \quad (7)$$

$$k_3 = 44.32 * e^{\left(\frac{-50.132}{RT}\right)} \quad (8)$$

$$k_{-3} = 3.233 * e^{\left(\frac{-60.303}{RT}\right)} \quad (9)$$

$$K_E = 0.457 * e^{\left(\frac{7.769}{RT}\right)} \quad (10)$$

$$K_B = 6.77x10^{-3} * e^{\left(\frac{12.436}{RT}\right)} \quad (11)$$

$$K_{EB} = 3.19x10^{-3} * e^{\left(\frac{10.173}{RT}\right)} \quad (12)$$

$$K_{DEB} = 8.58x10^{-4} * e^{\left(\frac{14.059}{RT}\right)} \quad (13)$$

$$K_T = 4.63x10^{-3} * e^{\left(\frac{11.768}{RT}\right)} \quad (14)$$

$$K_P = 2.12x10^{-2} * e^{\left(\frac{8.354}{RT}\right)} \quad (15)$$

where: k_1= rate constant of the main reaction for direct direction; k_{-1} = rate constant of the main reaction for inverse direction k_2 = rate constant of secondary reaction to direct; k_{-2} = rate constant of the secondary reaction in reverse direction; k_3 = constant of impurity reaction rate for direct sense; k_{-3} = constant of impurity reaction rate for inverse direction; K_E = equilibrium constant of ethene; K_B = equilibrium constant of benzene; K_{EB} = equilibrium constant of ethylbenzene; K_{DEB} = equilibrium constant of diethylbenzene;

K_T = equilibrium constant of methylbenzene; K_P = equilibrium constant of propene; R = universal constant of gases [8.314 J mol^{-1} K^{-1}]; T= operating temperature [K].

$$r_1 = \frac{k_1 p_B p_E - k_{-1} p_{EB}}{(1 + K_B p_B + K_E p_E + K_{EB} p_{EB} + K_T p_T + K_P p_P)^2} \quad (16)$$

$$r_2 = \frac{k_2 p_{EB} p_E - k_{-2} p_{DEB}}{(1 + K_B p_B + K_E p_E + K_{EB} p_{EB} + K_{DEB} p_{DEB} + K_T p_T + K_P p_P)^2} \quad (17)$$

$$r_3 = \frac{k_3 p_T p_E - k_{-3} p_{DEB} p_P}{(1 + K_B p_B + K_E p_E + K_{EB} p_{EB} + K_{DEB} p_{DEB} + K_T p_T + K_P p_P)^2} \quad (18)$$

Where: r_1 = reaction rate of the reaction (1) [mol g^{-1} min^{-}; r_2 = reaction rate of the reaction (2) [mol g^{-1} min^{-1}]; r_3 = reaction rate of the reaction (3) [mol g^{-1} min^{-1}]; P_E = partial pressure of ethane [MPa]; P_B = partial pressure of benzene [MPa]; P_{EB} = partial pressure of ethylbenzene [MPa]; P_{DEB} = partial pressure of diethylbenzene [MPa]; P_T = partial pressure of methylbenzene [MPa]; P_P= partial pressure of propene [Mpa].

Table 1
Standard enthalpies and constant-pressure heat capacities of the compounds (T = 298.15 K; R = 8.314 J mol^{-1} K^{-1})

Compound	Standard Enthalpies (ΔH_f°) (J mol^{-1})	Constant-Pressure Heat Capacities Equations in the Ideal-Gas State (C_P)
Ethene (E)	52.510	$C_{P_E}.R^{-1} = 1.424 + 14.394x10^{-3}T - 4.392x10^{-6}T^2$
Benzene (B)	82.930	$C_{P_B}.R^{-1} = -0.206 + 39.064x10^{-3}T - 13.301x10^{-6}T^2$
Ethylbenzene (EB)	29.920	$C_{P_{EB}}.R^{-1} = 1.124 + 55.380x10^{-3}T - 18.476x10^{-6}T^2$
Diethylbenzene (DEB)	-21.033	$C_{P_{DEB}}.R^{-1} = -33.93 + 85.563x10^{-2}T - 543x10^{-6}T^2 + 135.988x10^{-9}T^3$
Methylbenzene (T)	50.170	$C_{P_T}.R^{-1} = 0.290 + 47.052x10^{-3}T - 15.716x10^{-6}T^2$
Propene (P)	19.710	$C_{P_P}.R^{-1} = 1.637 + 22.706x10^{-3}T - 6.915x10^{-6}T^2$

Source: Smith, Van Ness e Abbott (2013); Haynes, Lide e Bruno (2012).

In order to define the best reactor type, were performed simulations of the main variables of interest (temperature, molar flows of all species involved and reaction selectivity (X_{EB}) (equation 19) for three different conditions: PBR without thermal exchange (adiabatic), PBR with thermal exchange of cooling fluid (water at 298 K) and PBR with interstage cooling. The selection of the best reactor strategy aimed to meet the operating conditions of feed of 10 MPa and 500 K and application of FX-02 catalyst, based on a β-zeolite capable of withstanding a maximum temperature of 723 K.

$$X_{EB} = \frac{F_{EB,out}}{F_{T,out}} \quad (19)$$

where: X_{EB} = selectivity of ethylbenzene production reaction; $F_{EB,out}$ = ethylbenzene outflow; $F_{T.\ out}$ = total outflow.

Ethene, benzene, and toluene molar flow rates were determined according to the proportions of ethene-benzene 3:1 and the purity of the benzene reagent (10% toluene and 90% benzene) and the other flows were taken as null at the reactor inlet. Table 2 exhibited the input parameters for the three PBR reactor simulated strategies.

Table 2
Input parameters of the PBR reactor for the three simulated strategies

Compound	Molar flow (mol min^{-1})
Ethene	1200
Benzene	400
Ethylbenzene	0
Diethylbenzene	0
Methylbenzene	38
Propene	0

RESULTS AND DISCUSSION

PBR without thermal exchange

The results obtained through simulation and modeling for the adiabatic PBR in the permanent regime were presented in Table 3 and illustrated by Figures 1 and 2. According to the output parameters found, the ethylbenzene annual production would be approximately 54 tons and the main reaction selectivity

in the output current of 0.13%. Beyond low selectivity and low annual production, the adoption of this strategy would be compromised due to another non-negligible factor. The results suggested that the operating temperature in the reactor would exceed the limit supported by the FX-02 β-zeolite catalyst, reaching 995 K. Zeolite catalysts, at high temperatures, tend to crack and deactivate its molecules can be to suffer poisonings or irreversible structural damages. Moreover, at 995 K the parallel reaction (equation 2) could be favored in the direct direction, culminating in consumption of the product of interest.

Table 3
Output parameters of adiabatic PBR

Temperature (K) = 995	
Compound	Molar flow (mol min^{-1})
Ethene	287
Benzene	0
Ethylbenzene	1
Diethylbenzene	437
Methylbenzene	0
Propene	38
TOTAL	*763*

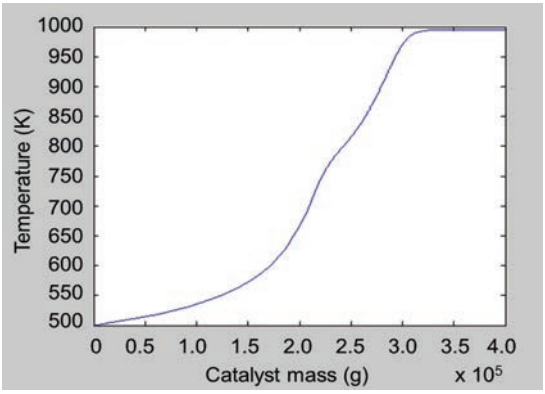


Figure 1: Temperature as a function of the mass of FX-02 in an adiabatic PBR.

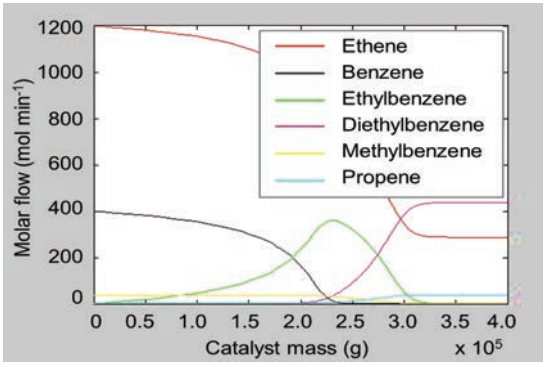


Figure 2: Molar flows as a function of the mass of FX-02 in an adiabatic PBR.

PBR with thermal exchange of cooling fluid

The results obtained for the steady-state operation of a PBR with coolant fluid (water, at 298 K) were presented in Table 4 and can be seen by Figures 3 and 4. For the output parameters found, the annual production of ethylbenzene would be 19424 tons and selectivity in the output current of 29.9%. Such results indicated that the strategy to adopt the referred thermal exchange for the ethylbenzene production process could stabilize the temperature of the reactor, keeping it below 723 K, respecting the maximum temperature supported by the catalyst as well as maintaining the selectivity of the reaction. Based on the benzene inlet and the ethylbenzene outlet molar flows and the formation of the product of interest only by the main reaction, considering benzene as a limiting reagent, approximately 90% conversion was achieved for this strategy.

Table 4
Output parameters of PBR with thermal exchange

Temperature (K) = 716	
Compound	Molar flow (mol min^{-1})
Ethene	771
Benzene	12
Ethylbenzene	363
Diethylbenzene	30
Methylbenzene	32
Propene	5
TOTAL	*1213*

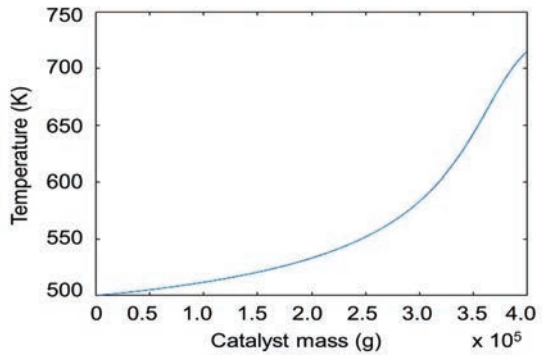


Figure 3: Temperature as a function of the mass of FX-02 in a PBR with thermal exchange.

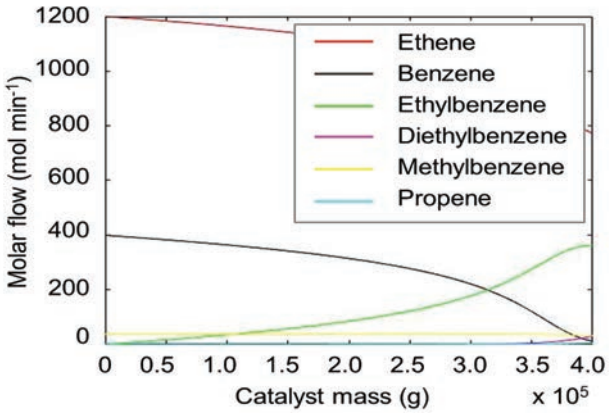


Figure 4: Molar flows as a function of the mass of FX-02 in a PBR with thermal exchange.

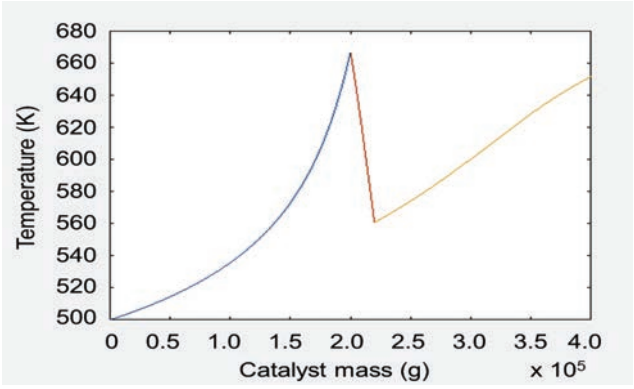


Figure 5: Temperature as a function of the mass of FX-02 in a PBR with interstage cooling.

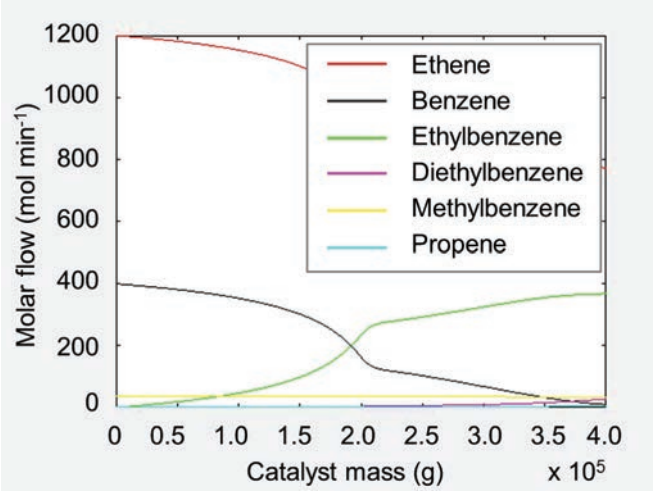


Figure 6: Molar flows as a function of the mass of FX-02 in a PBR with interstage cooling.

PBR with interstage cooling

The results obtained through simulation for the PBR with interstage cooling in the permanent regime were presented in Table 5 and illustrated by Figures 5 and 6. According to the output parameters found, the annual production of ethylbenzene would be 19638 tons and the selectivity of ethylbenzene in the current of the output of 30.2%. Compared to the other simulated strategies, it was the reactor that presented better performance. The adoption strategy of cooling stages in a fixed bed reactor showed that the operating temperature did not exceed the degradation temperature of the catalyst at any moment of the operation, favoring the continuity of the reaction and maintaining, besides great selectivity, a conversion of approximately 90%.

Table 5
Output parameters of PBR with interstage cooling

Temperature (K) = 652	
Compound	Molar flow (mol min^{-1})
Ethene	771
Benzene	10
Ethylbenzene	367
Diethylbenzene	28
Methylbenzene	33
Propene	5
TOTAL	*1214*

Optimization analysis

The simulation analysis of the best reactional operating conditions, where the parameters pressure, the number of heat exchangers in interstage and molar flow of each organic compound were individually varied, demonstrated the results presented in Tables 6 and 7 and shown in Figures 7 and 8. The strategy of adopting a fixed bed reactor with FX-02 catalyst and eight cooling stages was satisfactory for an ethylbenzene annual production of 80 thousand tons. The number of stages of thermal exchange with coolant was sufficient to stabilize the temperature in the reactor, keeping it below 600 K, respecting the degradation temperature of the catalyst. With the thermal changes in the reaction system, the temperature remained constant between 560 and 600 K, the values of the

reaction constants became relatively high, culminating in a high conversion to the mass of 550 kg of catalyst, besides a good selectivity for the main reaction.

Table 6
Operating reaction conditions of PBR with eight stages of cooling

Initial pressure (MPa)	Input temperature (K)	Catalyst mass (kg)	Stages of thermal exchange	Output temperature (K)
10	500	550	8	652

Table 7
Output parameters of PBR with eight stages of cooling

Compound	Molar flow (mol min^{-1})
Ethene	35
Benzene	26
Ethylbenzene	1493
Diethylbenzene	111
Methylbenzene	131
Propene	21
TOTAL	*1817*

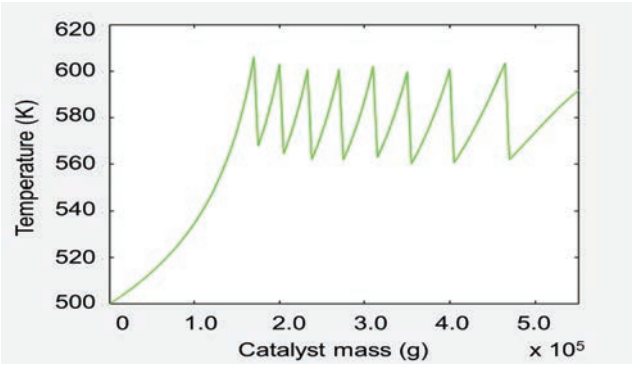


Figure 7: Temperature as a function of the mass of FX-02 in a PBR with eight cooling stages.

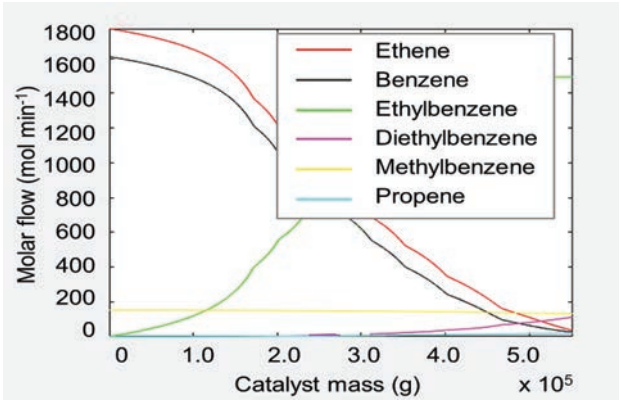


Figure 8: Molar flows as a function of the mass of FX-02 in a PBR with eight cooling stages.

CONCLUSIONS

The performance responses of three Packed-Bed Reactors with β-zeolite based catalytic bed for the production of ethylbenzene starting from benzene and ethene were analyzed by kinetic modeling and software simulation. Of the three simulated strategies, the PBR with interstage cooling under a permanent regime was defined as the best reactor topology for the process of interest. The simulation of optimization of operational parameters performed suggested the adoption of a PBR with eight stages of thermal exchange using water as coolant fluid in an optimization strategy of the catalytic chemical process in terms of production, selectivity, and stability.

REFERENCES

ANDRADE, L. H.; CAMPOS, L. C.. **Cinética, cálculo de reatores, modelagem e simulação de processos**: trabalho prático. Belo Horizonte: PUC Minas, 2017.

EBRAHIMI, A. N.; SHARAK, A. Z.; MOUSAVI, S. A.; AGHAZADEH, F.; SOLTANI, A.. Modification and optimization of benzene alkylation process for production of ethylbenzene, **Chemical Engineering and Processing: Process Intensification**, Tehran, v. 50, n. 1, p. 31-36, jan. 2011. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.cep.2010.10.011>. Access in: 13 jun. 2019.

FERNENGEL, J.; HABLA, F.; HINRICHSEN, O.. Scripting as an appoach to automated CFD simulation for packed bed catalytic reactor modeling. **Chemie Ingenieur Technik**, Munique, v. 90, n. 5, p 685-689, feb. 2018. Available in: <https://doi.org/10.1002/cite.201700153>. Access in: 13 jun. 2019.

HAYNES, W. M.; LIDE, D. R.; BRUNO, T. J.. **Handbook of Chemistry and Physics**. 93rd Edition. New York: CRC Press, 2012.

HOSCH, W. L. **Styrene**. British Encyclopedia Inc., 2009.

HUSSAIN, A.; MINH, L. Q.; LEE, M.. Intensification of the ethylbenzene production process usinga column configured with a side reactor. **Chemical Engineering and Processing: Process Intensification**, Gyeongsan, v. 122, s.n., p. 204-212, dec. 2017. Available in: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cep.2017.10.003>. Access in: 13 jun. 2019.

JEWUR, S. S.. **Química de zeólitas e catálise**. Natal: UFRN, 1984.

JIE, K.; LIU, M.; ZHOU, Y.; LITTLE M. A.; BONAKALA, S.; CHONG, S. Y.; STEPHENSON, A.; CHEN, L.; HUANG, F.; COOPER, A. I.. Styrene purification by guest-induced restructuring of pillar[6]arene. **Journal of the American Chemical Society**, Hangzhou, v. 139, n. 8, p. 2908-2911, feb. 2017. Available in: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jacs.6b13300>. Access in: 13 jun. 2019.

LEITE, H. E. B.; OLIVEIRA, A. C.; RANGEL, M. C.. The promoter action of zinc on catalyts for styrene synthesis. **Química Nova**, São Paulo, v. 27, n. 2, p. 247-250, apr. 2004. Available in: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422004000200014>. Access in: 13 jun. 2019.

LUTTRELL, W. E.; PETERSON, H. R.. Ethylbenzene. **Journal of Chemical Healt and Safety**, Oklahoma City, v. 18, n. 1, p 41-42, feb. 2011. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.jchas.2010.11.005>. Access in: 13 jun. 2019.

ROMERO, G. R.; DUARTE, M. C.. **Simulação do processo de produção do estireno a partir da desidrogenação do etilbenzeno**. 2016. 81f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) - Escola de Engenharia, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2016. Available in: <https://app.uff.br/riuff/handle/1/2157>. Access in: 14 jun. 2019.

SMITH, J. M.; VAN NESS, H. C.; ABBOTT, M. M.. **Introdução à termodinâmica da engenharia química**. 7ª ed.. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

THEODOROS, A.; KENIG, E.Y.. CFD-based analysis of the wall effect on the pressure drop in packed beds with moderate tube/particle diameter ratios in the laminar flow regime. **Chemical Engineering Journal**, Paderborn, v. 155, n. 1-2, p. 404-410, dec. 2009. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2009.07.057>. Access in: 13 jun. 2019.

Simulação e otimização do processo de separação de uma mistura de metilciclohexano e tolueno em uma coluna de destilação extrativa

Simulation and optimization of the separation process of methylcyclohexane and toluene mixtures in an extractive distillation column

***Flávia Ferreira Dias da Silva; Fernanda Siqueira Souza**
Janice Botelho Souza Hamm

Universidade La Salle, Canoas, RS, Brasil
**dias.f.flavia@gmail.com*

Submetido em 26/07/2019; Versão revisada em 24/09/2019; Aceito em 25/09/2019

Resumo

A destilação é uma técnica comumente utilizada pela indústria química, sendo implementada em 90% a 95% dos processos de separações. Neste contexto, observa-se uma ampla oportunidade de otimização dos processos buscando, por exemplo, redução do consumo de energia. Considerando a ampla aplicação do metilciclohexano, bem como a possibilidade do seu uso em diferentes purezas, o objetivo deste artigo é avaliar o processo de destilação extrativa do metilciclohexano através da simulação de alternativas de otimização do processo utilizando o *software* iiSE. A otimização foi realizada a partir dos dados publicados por Tiverios e Van Brunt (2000). A metodologia desenvolvida procura reduzir o calor total do processo (Q_{TOTAL}) realizando diversas simulações alterando as diferentes variáveis até obter o ponto ótimo para a pureza requerida. A partir dos pontos analisados, os resultados deste estudo mostram uma economia de energia significativa em 82% de redução do consumo energético.

Palavras-chave: Destilação Extrativa. Otimização. Simulação. iiSE. Metilciclohexano.

Abstract

Distillation is a technique commonly used by the chemical industry, being implemented in 90% to 95% of the separation processes. In this context, there is an ample opportunity for optimization of the processes seeking, for example, reduction of energy consumption. Considering the wide application of methylcyclohexane as well as the possibility of its use in different purities, the objective of this article is to evaluate the extractive distillation process of methylcyclohexane by simulation of process optimization alternatives using iiSE software. The optimization was performed based on data published by Tiverios and Van Brunt (2000). The methodology developed seeks to reduce the total heat of the process (Q_{TOTAL}) by performing several simulations by changing the different variables until obtaining the optimum point for the required purity. From the analyzed points, the results of this study show significant energy savings in an 82% reduction in energy consumption.

Keywords: Extraction Distillation. Optimization. Simulation. iiSE. Methylcyclohexane.

INTRODUÇÃO

O setor industrial brasileiro consome um elevado volume de água e energia durante a realização de diferentes processos, tendo atingido no ano de 2017, o consumo de cerca de 38% da energia elétrica produzida no país (BRASIL, 2018), além de ter sido responsável por 85% da retirada de água (BRASIL, 2017). Particularmente os processos relacionados a purificação do produto e de coprodutos, como a destilação, são reconhecidos pela sua elevada demanda por energia e água (MATUGI, 2013).

A destilação tem sido empregada em diversos processos, como: produção de etanol anidro utilizando glicerina e soluções glicéridas como agentes desidratantes (MATUGI, 2013); separação de benzeno utilizando N-formilmorfolina (NFM) (BRONDANI, 2013) ou ainda na obtenção de etanol anidro, empregando líquidos iônicos (FIGUEROA, 2011). Esta técnica, comumente utilizada pela indústria química, é implementada de 90% a 95% dos processos de separações (MATUGI, 2013).

Neste contexto, observa-se ampla oportunidade de otimização dos processos buscando, por exemplo, redução do consumo de energia. Esta necessidade de aperfeiçoamento dos processos é reforçada também pelo aumento da utilização dos derivados de petróleo tanto como combustíveis quanto como matérias-primas em processos industriais. Sendo assim, além da necessidade de produzir produtos competitivos, as indústrias buscam otimizar os seus processos de forma a reduzirem o consumo de recursos resultando em redução de impactos ambientais bem como dos custos do processo.

Uma forma de analisar oportunidades de otimização de processos é através de simulações computacionais. Pereira (2016) avaliou os valores de Equilíbrio Líquido-Vapor (EVL) através do pacote termodinâmico do *software* iiSE em seu estudo de simulação de um reator de hidrogenação seletiva de nafta de pirólise. O iiSE é um simulador de processo de estado estacionário orientado para equações. Estão disponíveis nas bibliotecas do modelo iiSE algumas das operações mais importantes presentes em indústrias químicas e petroquímicas bem como, processos de geração de energia e cogeração (VR TECH, 2015).

Dentre os materiais que passam por processos de destilação extrativa pode ser citado o metilciclohexano. O metilcicloexano possui diversas aplicações como uso em borracha (32,3%), revestimento (29,19%), síntese orgânica (22,51%), análise cromatográfica (5%) e outras (11%) (GIR, 2019). Este material é encontrado no mercado em dois tipos de pureza: ≥ 99% e 98-99%. Conforme *Global Info Research* (2019) o metilciclohexano pureza ≥ 99% é o mais amplamente consumido, abrangendo 89,24% do mercado mundial do produto. A versão na pureza entre 98-99% é responsável por atender 10,76% restantes. Considerando a ampla aplicação do metilciclohexano e a possibilidade do seu uso em diferentes purezas, o objetivo deste artigo é avaliar o processo de destilação extrativa do metilciclohexano através da simulação de alternativas de otimização do processo utilizando o *software* iiSE, visando estudar possibilidades de otimização a partir dos dados publicados por Tiverios e Van Brunt (2000).

METODOLOGIA

Estudo de caso

Neste estudo simulou-se o processo de separação de uma mistura através do *software* de simulação de processo iiSE, no qual foi necessário separar uma mistura de metilciclohexano (MCH) e tolueno (T), utilizando destilação extrativa com fenol (P) como solvente. O processo envolveu duas colunas de destilação.

As informações estruturais e as condições de operação das colunas de destilação 1 e 2 estão detalhadas na Tabela 1, cada coluna incorpora um refervedor e um condensador parcial. Na Tabela 2 verifica-se as variáveis de alimentação da coluna C-01.

Tabela 1 – Informações das colunas 1 e 2.

Coluna 1 (C-01)		Coluna 2 (C-02)	
Informações	Valor	Informações	Valor
Nº de estágios	40	Nº de estágios	20
Estágio Alimentação (P)	10	Estágio Alimentação Fundo C-01	12
Estágio Alimentação (MCH/T)	25	R	8
R	10	D	30 gmol/s
D	25 gmol/s	P	1 atm
P	1 atm		

Fonte: Dados extraídos do artigo: Extractive Distillation Solvent Characterization and Shortcut Design Procedure for Methylcyclohexane-Toluene Mixtures, (TIVERIOS, 2000)

Tabela 2 – Variáveis de entrada da coluna 1.

ENTRADA: C-01			
	Variáveis	Valor	Unidades
Alimentação	F	50	gmol/s
	P	1	Bar
	T	110,85	°C
	Z_{MCH}	0,5	
	Z_T	0,5	
	Z_P	0	
Solvente	F	90	gmol/s
	P	1	Bar
	T	99,85	°C
	Z_{MCH}	0	
	Z_T	0	
	Z_P	1	

Fonte: Dados extraídos do artigo: Extractive Distillation Solvent Characterization and Shortcut Design Procedure for Methylcyclohexane-Toluene Mixtures, (TIVERIOS, 2000)

Simulação

Após a obtenção dos dados iniciou-se o processo de simulação no *software* iiSE, no qual selecionou-se os compostos e as equações de estado envolvidos no processo de separação da mistura. Foi utilizado o modelo PR (Peng-Robinson) para equação de estado e vdW (van der Waals) para regra de mistura.

O simulador possui uma caixa de ferramentas que contém os principais equipamentos de uma indústria química, o que permitiu construir o diagrama do processo conforme apresentado na Figura 1.

Em seguida configurou-se os equipamentos de acordo com as informações detalhadas anteriormente nas Tabelas 1 e 2, e então iniciou-se a simulação do processo.

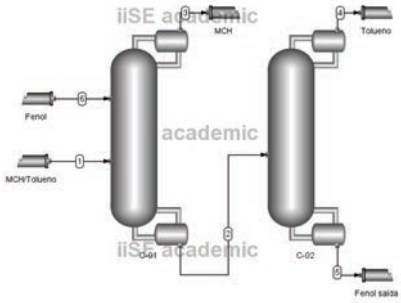


Figura 1 – Diagrama do processo de separação da mistura de metilciclohexano (MCH) e tolueno (T), utilizando destilação extrativa com fenol (P) como solvente. Fonte: iiSE, 2019.

Otimização do processo de separação da mistura

Para realizar a otimização, visando reduzir o custo global do processo, precisou-se obter uma variável que é a soma dos calores das duas colunas. Está foi obtida através do bloco calculadora no *software* iiSE. Uma calculadora pode apresentar múltiplas variáveis neste caso teremos apenas uma variável que é o calor total do processo (Q_{TOTAL}). Para obter este calor foi realizada a soma dos calores de refervimento (Qreb) das duas colunas. Na Figura 2 é possível visualizar a calculadora e a equação para a obtenção do Q_{TOTAL}.

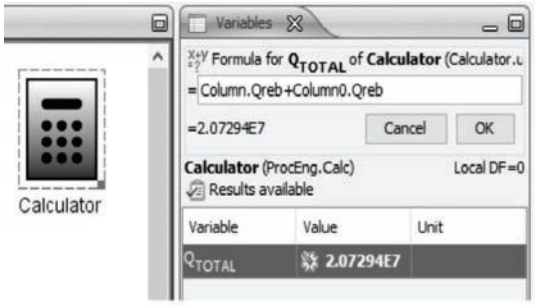


Figura 2 – Calculadora disponível no *software* iiSE para o cálculo do Q_{TOTAL}. Fonte: iiSE, 2019.

Para minimizar o calor total do processo utilizou-se a ferramenta de otimização do *software* (Figura 3). No qual selecionou-se o equipamento da função objetivo, que neste caso é a calculadora. Em seguida configurou-se as variáveis que o simulador pode modificar entre os parâmetros mínimo e máximo estipulados para obter o ponto ótimo da otimização (Tabela 3).

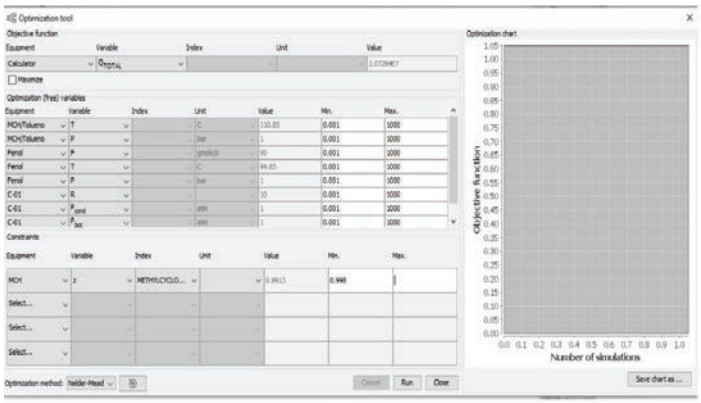


Figura 3 - Ferramenta de otimização do processo: variáveis utilizadas e restrição. Fonte: iiSE, 2019.

Tabela 3 – Variáveis de otimização dos equipamentos e os parâmetros mínimo e máximo estipulados

Equipamento	Variável	Mínimo	Máximo
MCH/TOLUENO	T	0.001	1000
MCH/TOLUENO	P	0.001	1000
FENOL	F	0.001	1000
FENOL	T	0.001	1000
FENOL	P	0.001	1000
C-01	R	0.001	1000
C-01	P_{COND}	0.001	1000
C-01	P_{TOP}	0.001	1000
C-01	P_{BOT}	0.001	1000
C-02	R	0.001	1000
C-02	D	0.001	1000
C-02	P_{COND}	0.001	1000
C-02	P_{TOP}	0.001	1000
C-02	P_{BOT}	0.001	1000

Fonte: Elaborado pelo autor.

Como restrição da otimização utilizou-se a fração molar do metilciclohexano referente ao equipamento MCH. Realizou-se onze otimizações variando a fração molar do metilciclohexano, conforme a Tabela 4, para obter o valor Q_{TOTAL} em diferentes frações molares do produto em estudo.

Tabela 4 – Frações molares do metilciclohexano variadas no processo de otimização.

Nº de otimizações	Fração molar do metilciclohexano
1	0,9800
2	0,9820
3	0,9840
4	0,9860
5	0,9880
6	0,9900
7	0,9913
8	0,9920
9	0,9940
10	0,9960
11	0,9980

Fonte: Elaborado pelo autor.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Simulação

Os resultados da simulação do processo obtidos a partir dos dados detalhados nas Tabelas 1 e 2, são apresentados nas Tabelas 5 e 6. Observa-se que no topo da coluna 1, a Tabela 5 fração molar alcançada do metilciclohexano foi 99,13 mol %, indicando um produto de alta pureza. O qual, conforme mencionado anteriormente, representa 90% das aplicações na indústria (GIR, 2019).

Tabela 5 – Resultados da simulação na coluna 1.

SAÍDA: C-01			
Saída	**Variáveis**	**Valor**	**Unidades**
MCH (Topo)	F	25	gmol/s
	Z_T	0,87	mol %
	Z_{MCH}	99,13	mol %
	Z_P	1,52E-06	mol %
C-02 (Fundo)	F	115	gmol/s
	Z_T	21,55	mol %
	Z_{MCH}	0,19	mol %
	Z_P	78,26	mol %

Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir da Tabela 6 verifica-se que a pureza obtida do tolueno foi 82,61%, este valor é relativamente baixo em relação ao percentual alcançado de metilciclohexano, demonstrando que alguma das condições de operação do processo não foi eficiente. Desta forma, acredita-se que algumas variáveis devem ser estudadas combinadas, visando otimizar o sistema em relação também a pureza do tolueno.

Tabela 6 – Resultados da simulação na coluna 2.

SAÍDA: C-02			
Saída	**Variáveis**	**Valor**	**Unidades**
Tolueno (Topo)	F	30	gmol/s
	Z_T	82,61	mol %
	Z_{MCH}	0,72	mol %
	Z_P	16,67	mol %
C-02 (Fundo)	F	85	gmol/s
	Z_T	4,48E-07	mol %
	Z_{MCH}	2,22E-11	mol %
	Z_P	100	mol %

Fonte: Elaborado pelo autor.

Otimização do processo de separação da mistura

O equipamento calculadora, disponível no *software*, apresenta o calor total envolvido no processo, sendo este a soma dos calores de refervimento (Qreb) das duas colunas, no qual obteve-se 20729 kW de consumo energético.

Com o intuito de reduzir os custos envolvidos no processo em relação ao consumo energético foram realizadas as otimizações, mantendo-se o valor inicial apenas das variáveis de alimentação da mistura e o destilado da coluna 1.

A Figura 4 apresenta a ferramenta de otimização do simulador iiSE depois de uma das otimizações realizadas, na qual verifica-se que após aproximadamente 800 simulações o *software* encontrou um ponto ótimo reduzindo consideravelmente o consumo de energia.

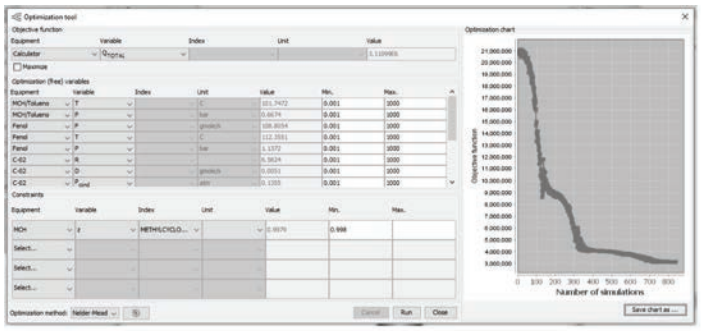


Figura 4 – Resultado da otimização na ferramenta de otimização do *software* iiSE. Fonte: iiSE, 2019.

A Figura 5 apresenta todas as otimizações realizadas, a qual, é possível observar uma redução considerável em comparação ao consumo energético obtido na simulação inicial, representando uma porcentagem de redução de 82%. Este valor é muito expressivo tendo em vista que o processo de destilação é responsável por 60% do consumo de energia total de uma planta (FIGUEIRÊDO, 2009).

Neste contexto, verificou-se que é possível obter altas conversões de metilciclohexano, Tabela 7, com uma elevada economia do consumo de energia. As conversões variaram entre 0,980 a 0,998, a qual contempla 100% da faixa de pureza consumida no mercado mundial do produto (GIR, 2019). Ainda, foi possível observar, Figura 6, que o ponto ótimo dentro do grau de pureza de maior consumo (≥ 99%) ocorreu na Otimização número 10, a qual obteve-se uma economia de 85,9% de energia e formação de metilciclohexano com 0,996 de fração molar.

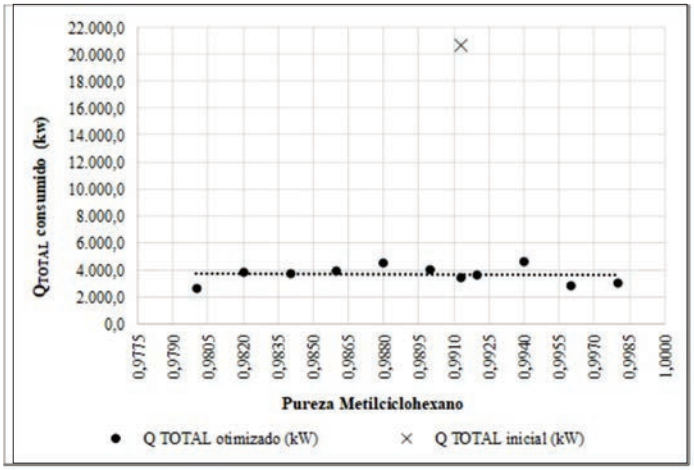


Figura 5 – Gráfico comparativo Q_{TOTAL} inicial x Q_{TOTAL} otimizado
Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 7 – Resultados das otimizações

Otimizações	x_{MCH}	Q_{TOTAL} (kW)	ECONOMIA
1	0,9800	2683,6	87,1%
2	0,9820	3869,66	81,3%
3	0,9840	3762,51	81,8%
4	0,9860	3962,47	80,9%
5	0,9880	4549,19	78,1%
6	0,9900	4054,61	80,4%
7	0,9913	3460,07	83,3%
8	0,9920	3712,32	82,1%
9	0,9940	4673,96	77,5%
10	0,9960	2913,29	85,9%
11	0,9980	3110,99	85,0%

Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir da Figura 6 verifica-se que cinco otimizações estão dentro do teor de pureza ≥ 99% que obtém 89,24% de participação de mercado enquanto seis otimizações representam os demais, 10,76% possuindo grau de pureza entre 98-99%.

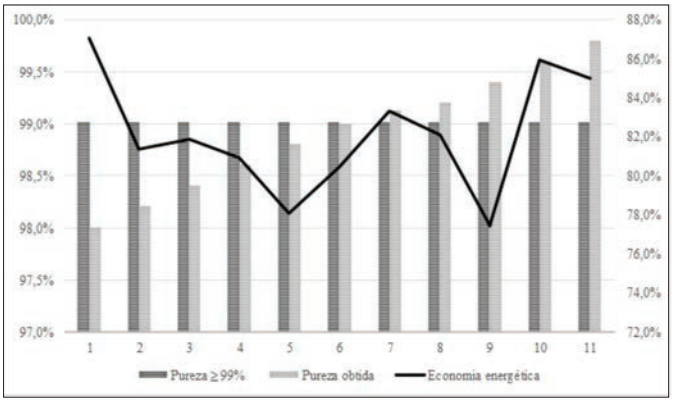


Figura 6 – Gráfico comparativo entre as purezas obtidas e a pureza de maior consumo mundial com a variação de economia energética. Fonte: Elaborado pelo autor.

Os parâmetros de otimização desta simulação que apresentaram o melhor resultado foram obtidos com o teor de 99,6% de metilciclohexano, enquanto que os parâmetros de pior resultado foram com 99,4%. A Tabela 8 apresenta as variáveis de otimização com o ponto ótimo alcançado pelo *software* para obter o grau de pureza requerido. Na qual verifica-se ao comparar os parâmetros que para obter um elevado grau de pureza e com maior economia energética foi necessário reduzir em aproximadamente um terço as razões de reciclo de ambas as colunas em relação ao valor inicial. Ainda, foi possível observar que a corrente do solvente (fenol) não deve ser reduzida, pois será necessário um gasto maior de energia para obter um alto teor de metilciclohexano.

Tabela 8 – Parâmetros de operação do processo em comparação aos parâmetros de melhor e pior economia de energia obtidos

Equipamento	Variável	Valor Inicial	Valores dos parâmetros obtidos		Unidade
			Pureza 99,4%	Pureza 99,6%	
MCH/TOLUENO	T	110,85	133,88	121,10	°C
MCH/TOLUENO	P	1	0,91	0,74	bar
FENOL	F	90	58,20	92,78	gmol/s
FENOL	T	99,85	54,14	64,09	°C
FENOL	P	1	0,18	0,41	bar
C-01	R	10	6,89	3,39	-
C-01	P_{COND}	1	0,63	0,13	atm
C-01	P_{TOP}	1	0,42	0,13	atm
C-01	P_{BOT}	1	0,36	0,04	atm
C-02	R	8	0,19	2,54	-
C-02	D	30	4,01	0,01	gmol/s
C-02	P_{COND}	1	0,01	0,19	atm
C-02	P_{TOP}	1	0,22	0,62	atm
C-02	P_{BOT}	1	0,37	0,63	atm

Fonte: Elaborado pelo autor.

CONCLUSÃO

Através do uso do *software* iiSE foi possível otimizar processos, reduzir o custo de produção e ainda, otimizar os recursos disponíveis. A redução média do consumo energético obtido foi 82%. Percebe-se ainda, que é possível verificar diversas variáveis para buscar a melhor configuração do processo, caso seja necessário modificar as características do produto final. O grau de pureza do metilciclohexano que apresentou maior economia de energia dentro da faixa que é mais amplamente consumido foi de 99,6%, enquanto que, o teor de pureza com menor economia apresentado foi de 99,4%.

Além da otimização direcionada a redução do consumo energético, há outros aspectos que podem ser simulados no *software* em projetos futuros como por exemplo, avaliar o solvente utilizado, buscando solventes que atendem aos princípios da química verde.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Balanço Energético Nacional 2018: Ano base 2017/Empresa de Pesquisa Energética. – Rio de Janeiro: EPE, 2018.

BRASIL. Agência Nacional de Águas (Brasil). Água na indústria: uso e coeficientes técnicos /Agência Nacional de Águas. -- Brasília: ANA, 2017. Disponível em: https://drive.google.com/file/d/0B3aE-dABPLJ8QmQyeTlnNnhxNDQ/view

BRONDANI, L. B. **Modelagem e simulação de destilação extrativa para recuperação de benzeno**. Porto Alegre, 2013. Dissertação (mestrado em engenharia química). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

FIGUEROA, J. E. **Análise e otimização do processo de obtenção de etanol anidro, empregando líquidos iônicos**. 2011. 199 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de

Engenharia Química, Campinas, SP.

FIGUEIRÊDO, M. F. **Obtenção de etanol anidro via destilação extrativa: simulação e otimização.** Paraíba, 2009. Dissertação (mestrado em engenharia química) – Universidade Federal de Campina Grande.

GIR, Global Info Research. Global Methylcyclohexane Market 2019 by Manufacturers, Regions, Type and Application, Forecast to 2024. 2019.

LEI, Z.; LI, C.; CHEN, B. **Extractive Distillation: A Review. Separation and purification reviews,** v.32, n.2, p.121-213, 2003.

MATUGI, K. **Produção de etanol anidro por destilação extrativa utilizando soluções salinas e glicerol**. São Carlos, 2013. Dissertação (mestrado em engenharia química) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química - Universidade Federal de São Carlos.

PARENTE, et al. **Destilação extrativa: aplicação de agentes de separação não-voláteis.** Revista eletrônica de energia, Universidade Salvador, 2013.

PEREIRA, M.V. **Modelagem e Simulação de um Reator Trifásico de Hidrogenação Seletiva de Gasolina de Pirólise**. Porto Alegre, 2016. Dissertação (mestrado em engenharia química) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

PINHEIRO, C. A. M.; SOUZA, A. C. Z. **Introdução a modelagem, análise e simulação.** 1. ed. Interciência, 2008.

SEADER, J. D.; HENLEY, E. J. **Separation Process Principles**, John Wiley & Sons, Inc. –Second Edition, 2006.

SILVA, M. G. **Modelagem e simulação de uma coluna de destilação para separação dos componentes reacionais do biodiesel em matlab**. Natal, 2015.

TIVERIOS, P.G.; BRUNT V. V. **Extractive distillation solvent characterization and shortcut design procedure for methylcyclohexane-toluene mixtures**. Industrial and Engineering Chemistry Research, vol. 39, no 6, pp. 1614-1623, 2000.

VR TECH. iiSE Industrial Integrated Simulation Environment - User Guide. 2015.

Avaliação da qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Piracicaba, Minas Gerais, Brasil

Evaluation of water quality in the Piracicaba river basin, Minas Gerais, Brazil

***Marluce Teixeira Andrade Queiroz, Tania Gonçalves dos Santos**

Centro Universitário do Leste de Minas Gerais, Departamento de Engenharia Química
**marluce.queiroz@bol.com.br*

Submetido em 10/07/2019; Versão revisada em 23/09/2019; Aceito em 26/09/2019

Resumo

O Índice de Qualidade da Água (IQA) é importante para auxiliar o planejamento ambiental sendo base para proposição de medidas mitigadoras. O estudo de caso referiu-se ao impacto na qualidade da água associado à Usina Hidrelétrica de Sá Carvalho (UHE- Sá Carvalho), na Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba (BHRP), pertencente à Bacia Hidrográfica do Rio Doce (BHRD), Minas Gerais, Brasil. Os dados da BHRP foram provenientes das análises realizadas de amostras de água entre junho/2007 até novembro/2012 com pontos de coleta à montante e jusante da hidrelétrica, enquanto os resultados para o reservatório da UHE - Sá Carvalho foram extraídos dos relatórios da CEMIG em diferentes níveis de profundidade. Para o tratamento estatístico dos parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos da água foi aplicado o teste de Kruskal-Wallis. Constatou-se a degradação da qualidade da água da BHRP e a relevância da hidrelétrica para a regularização do corpo aquático.

Palavras-chave: Qualidade da Água; Rio Piracicaba; Análise Estatística

Abstract

The Water Quality Index (WQI) is important to assist in environmental planning and is the basis for proposing mitigating measures. The case study was related to the impact on the water quality associated to the Sá Carvalho Hydraulic Power Plant (HPP - Sá Carvalho), in the Piracicaba River Basin, belonging to the River Doce Hydrographic Basin, Minas Gerais , Brazil. The data from the Piracicaba River came from analyzes of water samples between June / 2007 and November / 2012 with collection points upstream and downstream of the hydroelectric plant, while the results for the HPP - Sá Carvalho reservoir were extracted from the reports of CEMIG in different levels of depth. For the statistical treatment of the physical, chemical and bacteriological parameters of the water the Kruskal-Wallis test was applied. It was verified the degradation of the water quality of the BHRP and the relevance of the hydropower to the regulation of the aquatic body.

Keywords: Water Quality; Rio Piracicaba; Statistical Analysis

INTRODUÇÃO

A proposta desse estudo se direciona para a geração de energia a partir das hidrelétricas que utilizam como matéria-prima principal um recurso renovável que é a água, se qualificando como alternativa limpa. Outros aspectos importantes são relacionados com a construção de grandes obras civis incluindo reservatórios que promovem a regularização do rio, eliminando riscos de enchentes, favorecendo a implantação de corredores hidroviários e de projetos de irrigação. Além disso, identifica-se a diversificação no uso dos recursos hídricos direcionadas para atividades, tais como, esporte e turismo, possibilitando lazer para a comunidade em seu entorno (ALBUQUERQUE FILHO *et al.* 2010).

Todavia, ao mesmo tempo implicam em intervenções que alteram o equilíbrio de todos os componentes ambientais, exigindo que sejam adotadas medidas mitigadoras (ALVES *et al*., 2013). As hidrelétricas nas fases de instalação, funcionamento e fechamento promovem remoção da mata ciliar, inundação de áreas verdes, prejuízos a fauna e flora, degradação do patrimônio histórico e cultural. Os efeitos cumulativos destas atividades resultam em mudanças significativas, não somente nos corredores dos rios, mas também nos ecossistemas que dele são dependentes. Nestas mudanças estão incluídas: alteração nos parâmetros físico-químicos das águas superficiais e subterrâneas; perda do habitat para peixes e animais selvagens; e valores recreativos e estéticos do meio ambiente diminuídos. Sendo assim, os ecossistemas são afetados por uma grande diversidade de riscos agravado pelos reflexos negativos a jusante e montante do seu entorno que se perenizam ao longo do tempo (ALBUQUERQUE FILHO *et al.*, 2010).

Trata-se de uma questão com temática desafiadora principalmente em face da crescente demanda energética e necessidade de proteção dos mananciais. Zimmerman *et al* (2008) alertam quanto à relevância do diagnóstico dos fatores que afetam a qualidade da água, bem como prever os impactos futuros decorrentes de determinados eventos ou condições específicas, para melhor auxiliar a administração dos recursos hídricos com medidas concretas e eficientes.

Nesse contexto, a mensuração do Índice de Qualidade da Água (IQA) assume especial importância na descrição das condições aquáticas e possibilitando a proposição de medidas mitigadoras auxiliando o planejamento ambiental no uso sustentável em bacias hidrográficas (RODRIGUES *et al*., 2012). O estudo de caso adotado referiu-se à Usina Hidrelétrica de Sá Carvalho (UHE- Sá Carvalho) localizada na Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba (BHRP), pertencente à Bacia Hidrográfica do Rio Doce (BHRD), Minas Gerais, Brasil. Os pontos de coleta foram selecionados à montante e à jusante do empreendimento hidrelétrico, sendo o monitoramento de parâmetros físicos, químicos, bacteriológicos de qualidade da água realizado entre julho/2007 até julho/2012. O estudo de caso, conduzido em escala real, tem como objetivo testar a hipótese de que a existência do barramento afeta diretamente a qualidade da água repercutindo frente aos seus múltiplos usos. Além disso, a análise dos resultados possibilitou o entendimento da dinâmica ambiental viabilizando a proposição de medidas mitigadoras.

REVISÃO DA LITERATURA

Classes de qualidade da água

A Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) n° 357/2005 estabelece que as águas doces sejam aquelas com salinidade ≤ a 0,5% condição na qual se enquadra a BHRP – MG. Além disso, a referida legislação estabelece classes de qualidade para água fluvial. Trata-se do conjunto das condições e padrões de qualidade de água necessários ao atendimento dos usos preponderantes, atuais ou futuros. Em observância a essas diretrizes são encontradas as seguintes classes que são apresentadas no Quadro 1.

Índice de qualidade da água

O Índice de Qualidade das Águas (IQA) foi elaborado nos Estados Unidos da América (EUA) em 1970. No Brasil passou a ser utilizado a partir de 1975 pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). Nas décadas seguintes, outros Estados brasileiros adotaram o IQA, que hoje é o principal índice de qualidade da água bruta utilizado no país, tendo em vista o seu emprego para o abastecimento público, após tratamento. Os parâmetros utilizados no cálculo do IQA são em sua maioria indicadores de contaminação causada pelo lançamento de esgotos domésticos, portanto apresenta limitações relacionadas com o diagnóstico de vários indicadores importantes para o abastecimento público, tais como substâncias tóxicas (ex: metais pesados, pesticidas, compostos orgânicos), protozoários patogênicos e substâncias que interferem nas propriedades organolépticas da água (ANA, 2019).

Quadro 1 – Classe da Água Fluvial e Destinação.

Classe	Destinação
Especial	a) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção; b) a preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e, c) a preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.
1	a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; b) a proteção das comunidades aquáticas; c) a recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme CONAMA nº 274/2000; d) a irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e) e a proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.
2	a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; b) a proteção das comunidades aquáticas; c) a recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274/2000; d) a irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e) e a aquicultura e a atividade de pesca.
3	a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; b) a irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; c) a pesca amadora; d) a recreação de contato secundário; e) e a dessedentação de animais.
4	a) a navegação; b) e a harmonia paisagística

Fonte: MMA, 2019. Disponível:<// http://www.mma.gov.br />, Acesso: 04/01/2019.

O IQA é composto por nove parâmetros sendo: turbidez, temperatura da água, pH, oxigênio dissolvido – OD, demanda bioquímica de oxigênio – $DBO_{5,20}$, fósforo total (P_{Total}), nitrogênio total (N_{Total}), coliformes fecais (CF) e resíduo total (R_{total}) ponderados através dos seus respectivos pesos (w) fixados em função da sua importância (Tabela 1) para conformação global do IQA de acordo com as diretrizes da Agência Nacional das Águas (ANA, 2019).

Em sequência deve ser calculado o produtório ponderado (Figura 1) dos nove indicadores.

$$IQA = \prod_{i=1}^{n} q_i^{w_i}$$

Figura 1 - Expressão matemática do cálculo do IQA.
Fonte: ANA, 2019, Disponível: http:<//pnqa.ana.gov.br />, Acesso: 04/01/2019.

sendo:

IQA = Índice de Qualidade das Águas. Um número entre 0 e 100;

qi = qualidade do i-ésimo parâmetro. Um número entre 0 e 100, obtido do respectivo gráfico de qualidade, em função de sua concentração ou medida (resultado da análise);

wi = peso correspondente ao i-ésimo parâmetro fixado em função da sua importância para a conformação global da qualidade da água, isto é, um número entre 0 e 1, conforme representado na Figura 2.

$$\sum_{i=1}^{n} w_i = 1$$

Figura 2 - Expressão matemática do somatório do peso atribuído aos parâmetros do IQA.

Fonte: ANA, 2019, Disponível: http:<//pnqa.ana.gov.br />, Acesso: 04/01/2019.

Tabela 1 – Parâmetros de qualidade da água e respectivo peso

Parâmetro	Peso (w)
Oxigênio Dissolvido (OD)	0,17
Coliformes Fecais (CF)	0,15
pH	0,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio ($DBO_{5,20}$)	0,10
Temperatura da Água (T)	0,10
Nitrogênio Total (N_{Total})	0,10
Fósforo Total (P_{Total})	0,10
Turbidez (NTU)	0.08
Resíduo Total (R_{total})	0,08

Fonte: ANA, 2019.
Disponível: http:<//pnqa.ana.gov.br/IndicadoresQA/IndiceQA.aspx//>, Acesso: 04/01/2019.

O IQA obtido viabiliza a classificação da qualidade da água em ótima, boa, regular, ruim ou péssima em decorrência do valor final obtido e consequente posicionamento na faixa de avaliação (Tabela 2).

Tabela 2 – Faixa de IQA, Minas Gerais, Brasil.

IQA	Qualidade da Água
90 ≤ IQA ≤ 100	Excelente
70 ≤ IQA≤ 90	Bom
50 ≤ IQA≤ 70	Médio
25 ≤ IQA≤50	Ruim
0 ≤IQA≤ 25	Muito ruim

Fonte: IGAM, 2019, Disponível: <http://igam.mg.gov.br//>. Acesso: 04/01/2019

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O rio Piracicaba é considerado o principal formador do rio Doce sendo integrante da bacia do médio rio Doce, abrangendo em sua área de influência o Parque Estadual do Rio Doce (PERD). Trata-se de um corpo aquático submetido à intensa degradação antrópica decorrente do conjunto expressivo de atividades econômicas (siderurgia, celulose e mineração), concentração urbana e os massivos reflorestamentos por monocultura de eucaliptos (carvão vegetal e celulose). As principais classificações geológicas do solo e sedimento identificadas são o Latossolo Vermelho Amarelo; Podizólico Vermelho Amarelo e Latosolo Vermelho Amarelo que são acentuadamente drenados ocorrendo principalmente nos planaltos dissecados. Este agrupamento apresenta, na região, solos com baixa saturação de bases (distróficos) e alta saturação com alumínio (álicos), sendo que os últimos são predominantes em função da sua formação a partir de rochas gnáissicas, leuco e mesocráticas, sobretudo de caráter ácido, magmáticos charnoquitos, xistos e de depósitos argilo-arenosos. As características litológicas e hidrológicas assim como a distribuição e incidência de processos supérgenos podem causar a remoção e/ou concentração dos metais pesados repercutindo na qualidade da água (ROESER E ROESER, 2010).

Encontra-se na região do Rio Piracicaba a UHE – Sá Carvalho com duas barragens, sendo uma delas em Antônio Dias e outra em Severo com altura máxima respectivamente de 14,8m e 14m. O município de Antônio Dias apresenta cidades limítrofes que são Ferros, a norte; Santa Maria de Itabira, a noroeste; Nova Era, a oeste; São Domingos do Prata, a sul; Jaraguçu, a sudeste; Timóteo, a leste; e Coronel Fabriciano, a nordeste. A hidrelétrica começou a operar em 1951 com quatro unidades geradoras, volume útil do reservatório correspondente à $0,05x10^6$ m^3 sendo um dos quatro maiores em potência instalada correspondente à 78,00 MW na região do Rio Doce. Nessa perspectiva, se delimitou como área de estudo localidades relacionadas com a barragem de Antônio Dias, sendoobservados os seguintes critérios: incidência de lançamentos de efluentes ao longo da drenagem, tributários na rede, possíveis fontes de poluição identificadas pela avaliação do uso e ocupação do solo e acessibilidade. Foram selecionadas as localidades de Fonseca (P_1), Rio Piracicaba (P_2), Nova Era (P_3), Coronel Fabriciano (P_4) e Ipatinga (P_5) (Figura 3), percorrendo o corpo hídrico

desde as proximidades da nascente (P_1) até o seu deságüe no Rio Doce (P_5) identificados com base em suas coordenadas e características pertinentes à ocupação do solo à montante (Tabela 3).



Figura 3 - Imagem de satélite com a localização dos pontos de monitoramento no Rio Piracicaba, MG, Brasil.
Fonte (Adaptado): IGAM, 2019

Tabela 3 – Ponto de Coleta, Coordenadas, Distância da UHE- Sá Carvalho (MG) e Ocupação do Solo à Montante.

Ponto de Coleta	Coordenadas	Distância*	Ocupação do Solo à Montante
P_1 (Fonseca)	S 20º 09'26,4 WO 43º 17'47,3	157	Agropecuária e mineração.
P_2 (Rio Piracicaba)	S 19º 55'54,2" WO 43º 10'26,2"	48	Agricultura de subsistência, pecuária e mineração.
P_3 (Nova Era)	S 19º 43'50,0" WO 43º 00'51,0"	23	Agropecuária, indústrias extrativas e silvicultura,
P_4 (Coronel Fabriciano)	S 19° 31' 0" WO 42° 37' 0"	28	Comércio, ocupação urbana em área de risco.
P_5 (Ipatinga)	S 19º 30'42,8" WO 42º 33'22,9"	39	Indústria siderúrgica e intensa aglomeração urbana.

* Distância em Km, em linha reta da estação de amostragens e a UHE – Sá Carvalho

A UHE – Sá Carvalho faz parte do planejamento pertinente ao desenvolvimento do sistema energético integrado regional afetando portando o ciclo hidrológico da BHRP com repercussões socioeconômicas consideráveis para a região (KOENING *et al.*, 2014).

A hidrelétrica localizada no município de Antônio Dias, Minas Gerais, teve o início de sua construção em 1947 e culminando com sua operação desde 1951. O comprimento da barragem alcança 112m e 34m respectivamente em Antônio Dias e Severo, enquanto a altura máxima se mostra bastante próxima nas duas localidades, sendo 15m e 14m respectivamente, integrando a cadeia de reservatórios existente na Bacia Hidrográfica do Rio Doce - BHRD. O volume do reservatório corresponde apenas a 1,38hm³ (Antônio Dias), quatro unidades geradoras e potência instalada de 78MW tornando a UHE – Sá Carvalho um dos quatros maiores da região da BHRD - MG (CEMIG, 2019).

A profundidade do reservatório da UHE – Sá Carvalho foi afetada em função da vazão média afluente e volume de sedimento retido. Os sedimentos são provenientes da precariedade das práticas conservacionistas pertinentes ao solo. As técnicas de cultivo ainda fazem uso das queimadas principalmente entre produtores com menor poder aquisitivo. A coivara elimina nutrientes essenciais para plantas, tais como, fósforo, nitrogênio e potássio, contribuindo para o esgotamento do solo e extermínio de grandes áreas nativas. Vale destacar que atualmente a agricultura apresenta uma participação na economia nacional da ordem de 26,5%, colocando o País em posição evidenciada como exportador ao nível da realidade global (SIST *et al.*, 2014). Além disso, a eficiência energética, em torno de 95%, depende da série de vazões naturais e da vazão média de longo termo, relacionadas com os índices pluviométricos na região. As principais características do reservatório são apresentadas na Tabela 4.

Para o reservatório da UHE – Sá Carvalho a concessionária de energia também disponibilizou os dados relativos à precipitação pluviométrica no reservatório e nível do lago mostrando diferença em média em torno de 1,92 m entre a estação seca e chuvosa (Tabela 4).

Tabela 4 – Características do reservatório da UHE- Sá Carvalho, MG.

Parâmetros Técnicos	Antônio Dias	Severo
Nível máximo topo da comporta	373,03m	370,5m
Nível máximo normal	372,93m	369,50m
Nível mínimo operativo	371,43m	366,00m
Cota da soleira da comporta	375m	371,35m
Volume de reservação no nível máximo	1,80hm³	0,098 hm³
Volume de reservação no nível normal	1,73hm³	0,0793 hm³
Volume mínimo operativo	0,77hm³	0,0326 hm³
Volume útil	0,96hm³	0,0467 hm³
Volume morto	0,7hm³	0,0326hm³

Fonte: CEMIG, 2019.

Os pontos de monitoramento físico-químico no reservatório foram selecionados representando os diferentes usos nas margens do reservatório. Além disso, as estações de amostragem no reservatório foram posicionadas à superfície (S), metade da zona trófica (ZF) e fundo (F). O estudo abrangeu treze pontos distintos (Tabela 5), sendo ambiente lótico e dez deles localizados no Rio Piracicaba, MG. Os pontos do monitoramento foram posicionados à montante do reservatório Antônio Dias em seu início (SC-LI01), em três pontos no reservatório Antônio Dias a cerca de 500 m do barramento em área urbana, no reservatório de Severo a cerca de 300 m do barramento (SC-LI 03-S, SC-LI 03-ZF, SC-LI03-F), no trecho de vazão reduzida à montante da casa de força (SC-LI 04-S, SC-LI 04-ZF, SC-LI 04-F) e também à jusante da casa de força (SC-LI05-S, SC-LI05-ZF, SC-LI05-F).

Tabela 5 – Características das Estações de monitoramento da qualidade da água no reservatório da UHE – Sá Carvalho.

Estação	Descrição	Curso d'água*	Coordenadas
SC-LI 01	Montante do reservatório Antônio Dias, no início do mesmo. Localizado em área urbana, próximo a ponte central da cidade.	Rio Piracicaba**	19º39'48.60"S 42º52'46.00"O
SC-LI 02-S SC-LI 02-ZF SC-LI 02-F	Reservatório Antônio Dias a cerca de 500m do barramento localizado em área urbana	Rio Piracicaba**	19º38'39.70"S 42º50'59.30"O
SC-LI 03-S SC-LI 03-ZF SC-LI03-F	Reservatório Severo a cerca de 300m do barramento	Ribeirão Severo**	19º38'15.40"S 49º22'60"O
SC-LI 04-S SC-LI 04-ZF SC-LI 04-F	Trecho de vazão reduzida à montante da casa de força	Rio Piracicaba**	19º38'11.30"S 48º18'60"O
SC-LI 05 –S SC-LI 05-ZF SC-LI 05-F	Jusante da casa de força	Rio Piracicaba**	19º38'2.20"S 42º48'19.80"O

*Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba (BHRP), Minas Gerais, Brasil.

**Curso d'água lótico.

Fonte: CEMIG, 2019.

Procedimentos de coleta e análise de dados

As amostras de água da BHRP foram coletadas em quadruplicata sendo utilizados recipientes de vidro de cor âmbar esterilizados. Imediatamente antes da coleta os recipientes foram ambientados três vezes com as águas em estudo. Em seguida, os frascos foram mergulhados no rio e virados lentamente, no sentido contra a corrente, até serem completamente preenchidos. Os procedimentos de coleta ocorreram com luvas para reduzir o risco de contaminação. As amostras foram acondicionadas em caixa de isopor, contendo blocos de gelo durante todo o período da campanha. As sub-amostras para cada análise ou conjunto destas foram separadas em frascos de polietileno, que, por sua vez, foram identificados e mantidos refrigerados à 4ºC (APHA, 2005).

Os parâmetros mensurados são mostrados na Tabela 6. As análises realizadas seguiram os procedimentos propostos pela *American Public Health Association* (APHA, 2005) e permitiram avaliar a qualidade de água da BHRP no período de estudos.

Os indicadores temperatura ambiente, temperatura da água, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, potencial redox e pH foram mensurados *in loco*, utilizando-se sonda multiparâmetros. Para avaliação dos demais indicadores (fósforo total, nitrogênio total, etc.) as amostras foram acondicionadas em vidrarias adequadas e armazenadas em caixas de isopor contendo gelo a fim de garantir sua integridade durante o tempo de acondicionamento até a realização das análises em laboratório credenciado, sendo respeitada a condição de temperatura média de transporte correspondente à 4ºC (APHA, 2005).

Para os parâmetros físico-químicos, as técnicas de amostragem, preservação e análises das amostras de água do reservatório da UHE – Sá Carvalho foram realizadas de acordo com o Manual de Procedimentos de Coleta e Metodologias de Análise de Água da CEMIG (2009) e o *Standard Methods of the Examination of Water and Wastewater* (2012). As amostragens marginais foram realizadas na superfície do corpo hídrico, coletadas a 20 cm da lâmina d'água. Por outro lado, as amostragens realizadas no interior do reservatório foram realizadas em perfil transversal em três pontos de profundidade distintos: superfície, metade da zona trófica e fundo, sendo realizadas por equipe técnica especializada que disponibilizou os

resultados da Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG, 2019).

Análises estatísticas

Com base nas variâncias das médias de cada variável foi possível constatar que os resultados não foram homogêneos, a normalidade ou homocedasticidade não foi alcançada. Sendo assim, utilizou-se o teste não paramétrico Kruskal–Wallis com os dados das medianas de cada variável sendo testados entre os pontos amostrais, conforme proposto por Manly (2008).

Tabela 6 – Métodos de Análise dos Parâmetros Ambientais Monitorados na Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba - MG.

Parâmetro	Método	APHA
Coliformes fecais (CF)	Tubos múltiplos	9221 E
Demanda bioquímica de oxigênio (DBO_5)	Incubação por 5 dias	5210 B
Fósforo total (P_{total})	Vanadomobilídico	AT100
Nitrogênio total (N_{total})	Kjeldhall	4500 N-org B
Oxigênio dissolvido (OD)	Eletrométrico	4500 H^+B
pH	Eletrométrico	4500 O-G
Sólidos totais dissolvidos (STD)	Gravimétrico	2540
Temperatura (T)	Termômetro de mercúrio	2550 B
Turbidez (T_{NTU})	Nefelometria	2130 B

Resultados e discussão

A precipitação pluviométrica pode alterar significativamente a qualidade da água repercutindo em suas características físico-químicas e biológicas, em função do transporte de material alóctone para a BHRP, promovendo modificações pertinentes aos teores dos compostos químicos na coluna d'água. Nos meses que compreendem o verão, nota-se uma preponderância de instabilidade atmosférica, sendo observadas chuvas que causam em diversas oportunidades transtornos à população. A análise estatística dos dados pertinentes à precipitação pluviométrica acumulada demonstrou que as diferenças não foram significativas ($p > 0,05$) entre as estações amostrais (Figura 4).

Todavia, em todas as estações de amostragens prevaleceram às condições pertinentes ao aumento da pluviometria em janeiro (estação chuvosa) e redução em julho (estação seca) conforme apresentado na Figura 5.

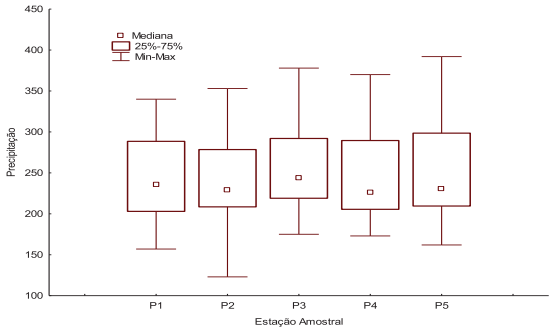
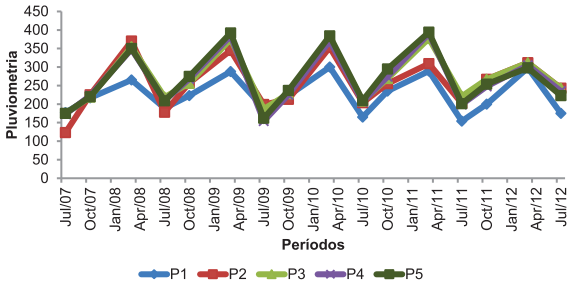


Figura 4 – Resultados do teste de Kruskal- Waalis para precipitação acumulada (em mm) em cada estação amostral da BHRP no período de amostragens

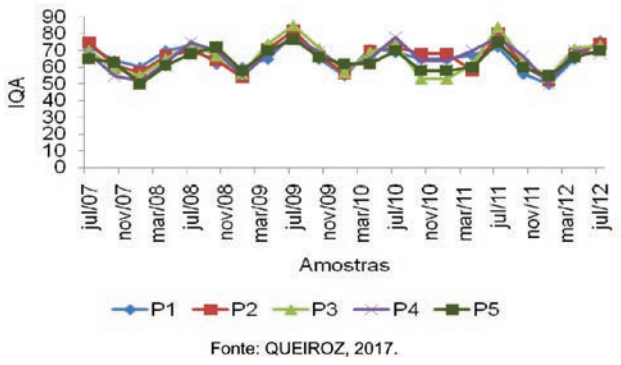


Fonte: QUEIROZ, 2017

Figura 5 - Precipitação acumulada (mm) em cada ponto de coletas na BHRP no período de amostragens. Fonte: QUEIROZ, 2017

O IQA (Figura 6) refletiu ainda as alterações provenientes da urbanização (densidade demográfica, dinâmica da produção, o consumo de água e produção de esgoto). Destaca-se a interferência da industrialização relacionada com a exploração de minério de ferro, que apresenta impactos potenciais importantes sobre a qualidade de água, seja pela possibilidade de aumento de sólidos suspensos, seja pela alteração química da água nas lagoas de decantação utilizadas no beneficiamento do minério (ZIMMERMANN *et al.,* 2008). Além disso, se verificou agravamento em função da redução pluviométrica na estação seca. Com base nos resultados analíticos se apurou preponderância do IQA regular (Figura 6) no rio Piracicaba, Minas Gerais, em todos os pontos de coleta, sendo os piores resultados identificados em P_4 (Coronel Fabriciano) que se encontra a 28 km da UHE - Sá Carvalho, perdendo em proximidade somente para P_3 (Nova Era). Vale destacar que se observou

em áreas rurais, à jusante e montante de P_4, a existência de fossas sépticas indicando exacerbação da degradação antrópica de rios e mananciais freáticos. Os resultados do IQA mostraram relação com o risco potencial da erosão devido à supressão de vegetação e empobrecimento do solo após sua utilização como pasto e outros fins (PERESIN *et al.*, 2014).



Fonte: QUEIROZ, 2017.

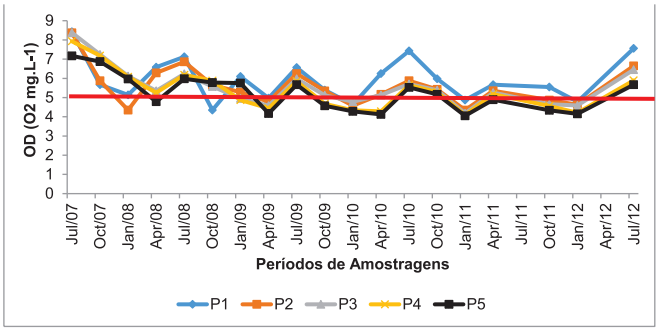
Figura 6 – Valores médios mensais do Índice de Qualidade de Água – IQA em cada ponto de amostragens na BHRP no período de estudo. Fonte: QUEIROZ, 2017

O comprometimento do IQA (Figura 6) na região de estudo se relacionou, principalmente, à elevação do teor de coliformes fecais, demanda bioquímica de oxigênio, fósforo total, nitrogênio total, resíduo total e turbidez. A carga de coliformes fecais preocupa, pois a sua presença em valor elevado indica a possibilidade da existência de microrganismos patogênicos que são responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica (ex: disenteria bacilar, febre tifóide, cólera) conforme informações do Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2019).

Os resultados desse estudo extrapolaram o Valor Máximo Permitido (VMP) correspondente a 4.000 CF.100 mL estabelecido nas Resoluções do CONAMA n. 274/2000 e 357/2005 em 780%, 757%, 829%, 924% e 973% perante os valores obtidos nas amostragens, respectivamente em P_1, P_2, P_3 e P_4, tornando-a imprópria para a recreação humana e dessedentação de animais. Vale destacar, que as atividades agropecuárias são importantes para a economia regional. Segundo os dados censurados entre 2000 a 2012 ocorreu o crescimento no rebanho de bubalinos (226,17%) e bovinos (24,13%) na região. Dentre todas as atividades econômicas identificadas na região da BHRP, trata-se das principais responsáveis pela introdução de toneladas de excremento, piorando a qualidade da água potável e repercutindo negativamente na saúde do bioma (MACHADO *et al.,* 2014).

Os resultados foram compatíveis com os encontrados pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) que identificou na localidade compreendida entre João Monlevade e Nova Era, à jusante da região das minas de ferro e entrada em área siderúrgica, presença dos coliformes termotolerantes até 9.208% maior que o tolerável conforme CONAMA 357/2005. Tal situação mostrou a necessidade quanto à adoção de medidas mitigadoras nesse quesito, tais como, se evitar o lançamento de esgotos diretamente nos rios e a exposição de resíduos em lixões que são causas para o crescimento contínuo da poluição das águas (STENGER-KOVÁCS *et al.,* 2013).

Observou-se que em P_1 a concentração média de OD (Figura 7) apresentou os resultados mais elevados em julho/2010 e julho/2012 explicitando relação com as condições ambientais mais propícias para a dissolução do oxigênio no corpo hídrido. Destaca-se que foram identificados teores inferiores a 5mg.L$^{-}O_2$ estabelecido no CONAMA 357/05 como o valor mínimo aceitável para águas Classe 2 em todas as estações de amostragens (Figura 7), possivelmente devido à introdução dos esgotos sanitários e devido à lavagem das ruas, lixo e sedimentos (TUCCI E MENDES, 2006).



Fonte: QUEIROZ, 2017.

Figura 7 – Valores médios mensais de OD em cada ponto de amostragens na BHRP no período de estudo. Fonte: QUEIROZ, 2017

A BHRP mostrou boas condições de oxigenação não sendo encontrada diferença estatística ($p > 0,05$) nos valores de O_2 dissolvido entre as estações amostrais (Figura 8).

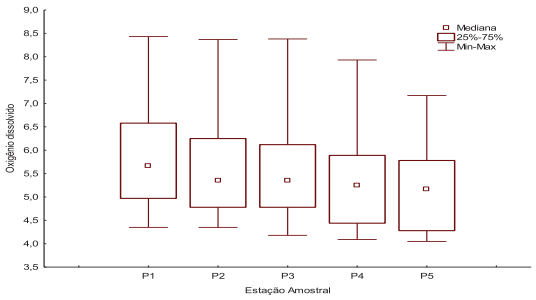
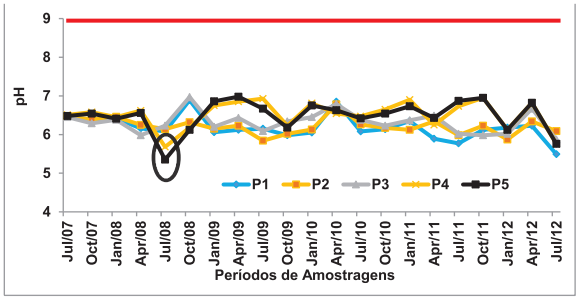


Figura 8 – Resultados do teste de Kruskal- Waalis para oxigênio dissolvido em cada estação amostral da BHRP no período de amostragens.

No reservatório da UHE – Sá Carvalho o oxigênio dissolvido (OD) apresentou variações sazonais bem marcadas entre os períodos de estiagem e chuvoso. Na estação chuvosa, as concentrações de OD foram mais elevadas, com valores médios na superfície correspondentes a 7,58 mg/L em SCLI04S e 7,53 mg/L em SCLI05S (Tabela 5). No período seco, mesmo na superfície, o OD chegou a cair atingindo 5,13 mg/L em SCLI05S e até 4,37mg/L em SCLI01 (Tabela 6). Entretanto, destaca-se que o aumento da pluviometria não implicou em teores de oxigênio dissolvido abaixo do valor mínimo aceitável conforme CONAMA 357/2005 para o fundo do reservatório. Os achados mostraram condições mais homogêneas quanto ao teor de oxigênio dissolvido. Os piores resultados na estação seca podem ser atribuídos ao crescente consumo na mineralização de detritos da biomassa algal morta decantante (KOENING *et al.*, 2014).

O pH da BHRP oscilou entre 5,58 e 5,97 (Figura 9) com distribuição praticamente homogênea indicando águas levemente ácidas. Os achados mostraram-se aumentados na estação das chuvas possivelmente relacionados com a intensa fotossíntese implementada pelas algas no reservatório da UHE- Sá Carvalho, dentre outras fontes antrópicas, em concordância com os achados de Silva *et al* (2009) para UHE-Peti (QUEIROZ, 2017)



Fonte: QUEIROZ, 2017.

Figura 9 – Valores médios de pH em cada ponto de amostragens na BHRP no período de estudo. Fonte: QUEIROZ, 2017

Tabela 5 - Valores médios mensais de Oxigênio Dissolvido-OD (O_2 mg.L^{-1}), por estações de amostragem, no reservatório da UHE – Sá Carvalho, no período de estudo.

Data	OD (O_2 mg.L^{-1}) - Estações de amostragem no Reservatório da UHE-Sá Carvalho							
	SCLI 01	SCLI 02S	SCLI02$^{1/2}$ ZF	SCI02 F	SCLI 03S	SCLI03 F	SCLI 04S	SCLI 05S
2007								
Junho	4,37	-	5,55	5,43	5,79	-	5,81	5,13
Novembro	6,61	-	7,09	5,83	7,32	-	7,58	7,53
2008								
Junho	5,43	-	5,73	5,69	5,88	-	7,21	7,28
Novembro	6,81	-	6,43	6,68	6,52	-	7,49	7,30
2009								
Junho	5,10	-	5,38	5,64	5,75	-	5,74	5,18
Novembro	6,66	-	7,07	5,43	7,32	-	7,52	7,56
2010								
Junho	5,50	-	5,7	5,65	5,85	-	7,08	7,15
Novembro	6,77	-	6,39	6,59	6,57	-	7,47	7,38
2011								
Junho	5,40	-	5,58	5,46	5,38	-	5,70	5,22
Novembro	6,79	-	7,15	5,22	7,17	-	7,42	7,46
2012								
Junho	5,60	-	5,6	5,54	5,75	-	7,05	7,11
Novembro	6,63	-	6,47	6,34	6,56	-	7,42	7,33

Fonte: Companhia Energética do estado de Minas Gerais (CEMIG), 2019.

O pH nas águas do reservatório (Tabela 6) se situou predominantemente acima de sete. Raras exceções foram detectadas em SC-LI03 F e SC-LI04S, sendo respectivamente 6,54 (seca) e 6,69 (seca). De modo geral, nesse estudo, ocorreu uma tendência de elevação do pH nos períodos chuvosos. A variação do pH associada às diferenças quanto ao nível das profundidades das estações amostrais não foram tão nítidas em função da sazonalidade. Entretanto, destaca-se o pH 7,54 mensurado em SCLI02$^{1/2}$ZF na estação chuvosa época em que o reservatório estava mais cheio. Durante todo o monitoramento, maiores valores de pH foram observados quando também foram registradas ocorrências de florações, em uma ou mais estações de amostragens.

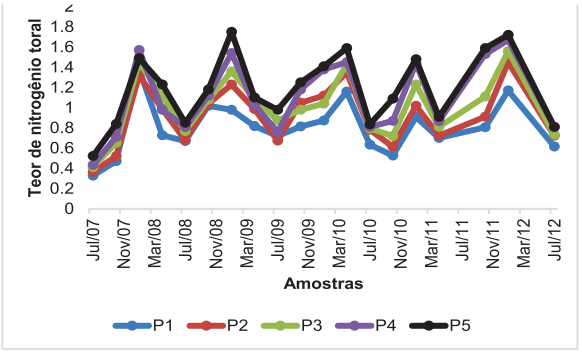
Tabela 6. Valores médios mensais do pH, por estações de amostragem, no reservatório da UHE – Sá Carvalho, no período de estudo

Data	pH - Estações de amostragem no Reservatório da UHE-Sá Carvalho							
	SCLI 01	SCLI 02S	SCLI02[1/2] ZF	SCI0 2F	SCLI 03S	SCLI03 F	SCLI 04S	SCLI 05S
2007								
Junho	7,31	7,43	7,22	6,84	6,87	6,54	6,69	6,75
Novembro	7,12	8,00	7,02	7,25	7,54	6,89	7,01	6,97
2008								
Junho	7,42	7,65	7,17	7,08	7,48	7,54	7,38	7,27
Novembro	7,49	7,75	7,54	7,36	7,47	7,59	7,43	7,52
2009								
Junho	7,66	6,87	6,85	6,78	6,75	6,94	7,11	6,99
Novembro	7,29	6,95	7,15	7,54	7,34	7,37	7,46	7,24
2010								
Junho	6,79	6,87	6,85	6,94	6,92	6,94	7,05	6,99
Novembro	6,95	7,15	7.40	7,32	7,37	7,53	7,33	7,35
2011								
Junho	7,66	8,03	7,4	6,72	6,75	-	7,2	7.05
Novembro	7,29	6,95	7,15	7,53	7,32	-	7,46	7,33
2012								
Junho	6,79	6,87	6,85	6,78	6,94	-	6,99	7,04
Novembro	7,37	7,33	7,42	7,32	6,75	-	7,03	7,11

Fonte: Companhia Energética do estado de Minas Gerais (CEMIG), 2019.

Outro risco se refere aos nutrientes, nitrogênio e fósforo fundamentais à cadeia alimentar por limitarem a produção de fitoplâncton. Todavia, a descarga de teores muito elevados nas águas superficiais e quando associados às boas condições de luminosidade entram em ciclo de enriquecimento, redundando no fenômeno conhecido como eutrofização. A disfunção ambiental pode implicar na alteração do sabor, odor, turbidez, cor da água e redução do OD, provocando crescimento excessivo de plantas aquáticas, mortandade de espécimes aquáticos (inclusive as maiores, tais como, peixes) e comprometimento das condições mínimas para o lazer no corpo hídrico (SMITH & SCHINDLER, 2009).

A precipitação pluviométrica, material alóctone (orgânico e inorgânico) e a fixação de nitrogênio pelo corpo hídrico são as principais fontes naturais de nitrogênio total. Na área de amostragem os teores de N_{Total} (Figura 10) oscilaram entre o mínimo correspondente a 0,329mg.L^{-} em P_1 (julho/2007) ao teor máximo de 1,72mg.L^{-} em P_5 (janeiro/20012), indicando que a estações amostrais recebem contribuições diretas decorrentes das atividades antrópicas advindas da urbanização à jusante das localidades de coleta. Frankling *et al.* (2014) destacam que a agropecuária e o desmatamento aumentam a carga de nutrientes nos reservatórios que se distribuem ao longo do corpo aquático quando ocorre o transbordamento na estação chuvosa. Outro aspecto que ocorre se relaciona com o aumento exponencial da população de macrófitas aquáticas em função da oferta dos nutrientes (TUNDISI, 2006). Sendo assim, entende-se a contribuição da UHE- Sá Carvalho em relação ao incremento da carga N_{Total} na região de estudo.



Fonte: QUEIROZ, 2017.

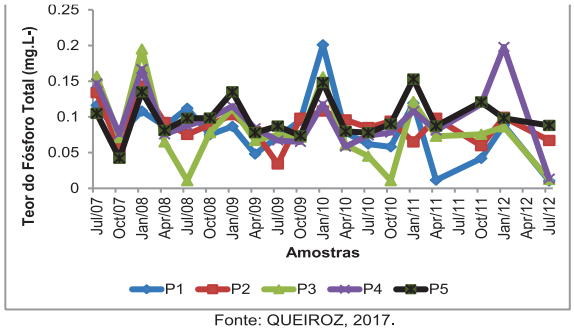
Figura 10 – Teor de nitrogênio total média mensal em cada ponto de amostragens na BHRP no período de estudo.
Fonte: QUEIROZ, 2017

Identificou-se ainda que a hipsometria e o lançamento de esgoto doméstico sem tratamento diretamente no rio Piracicaba por fontes difusas também oportunizavam a elevação dos teores do nitrogênio total nas águas do reservatório. Von Sperling e Von Sperling (2013) afirmam que, em geral, a contribuição através dos esgotos é bem superior à originada pela drenagem urbana.

Os resultados mostraram que a carga de nitrogênio total no reservatório alcançou o valor pico de 0,07mgN/L em SCLI01 na estação chuvosa, enquanto na estação seca apenas 0,03mgN/L em SCLI01 e SCLI03F.Destaca-se que foi detectado o acesso de bovinos no entorno do reservatório. O nitrogênio e fósforo são encontrados nas fezes e urina, nos restos de alimentos, nos detergentes e outros subprodutos das atividades humanas.

Em relação aos teores de P_{Total} na água (Figura 12) constatou-se que o Valor Máximo Permitido (VMP)

correspondente a 0,1mg.L^{-} estabelecido pela Resolução CONAMA nº357/2005 foi extrapolado em todas as localidades desse estudo. Destaca-se que os piores resultados foram detectados principalmente em P_5 posicionado a 39 Km da UHE - Sá Carvalho perdendo em proximidade para P_3 e P_4.



Fonte: QUEIROZ, 2017.

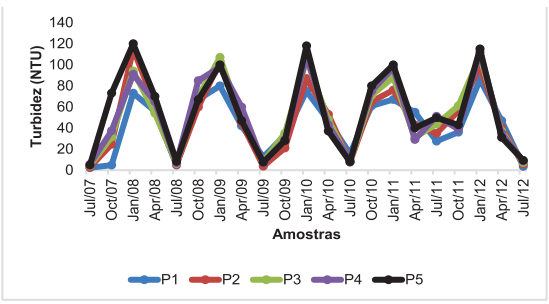
Figura 11 – Teor de fósforo total média mensal em cada ponto de amostragens na BHRP no período de estudo.
Fonte: QUEIROZ, 2017

Von Sperling e Von Sperling (2013) afirmam que o P_{Total} encontrado na água, seja na forma iônica ou complexado, se apresenta como fosfato (PO_4^{-3}), sendo que as concentrações mais elevadas são geralmente associadas ao incremento da pluviometria em áreas com mata ripária degradada, sendo esse também fator contributivo para os achados desse estudo. Além disso, os resultados encontrados na estação seca podem estar associados à dessorção do fósforo dos sedimentos, frente à redução da vazão e profundidade devido à estiagem (KÜTTER *et al.*, 2014).

Em consonância com a Resolução CONAMA nº. 357/2005, para águas Classe 2 (dois) o Valor Máximo Permitido (VMP) de fósforo total (P_{total}) corresponde a 0,03mgP.L^{-1} em ambientes lênticos; 0,06mgP.L^{-1} em ambientes intermediários com tempo de residência entre 2 e 40 dias; e 0,1mgP.L^{-} em ambientes lóticos e tributários de ambientes intermediários. Sendo assim, analisando este parâmetro ambiental para o reservatório, considerou-se o VMP correspondente a 0,06mgP.L^{-}. Nesse sentido, foram identificados valores extrapolando o VMP na estação chuvosa em SC-LI01, enquanto valores limitrófes foram observados em SC – LI05S.

A turbidez da água superficial se apresenta como um dos principais indicadores pertinentes às repercussões do uso e ocupaçao do solo em bacias hidrográficas, teores elevados dificultam a passagem da luz e conferem aparência turva ao corpo hídrico (NEVES *et al.*, 2009).

Na região de estudo, os valores das taxas de turbidez (Figura 14) das amostragens realizadas explicitaram a interferência da sazonalidade e vazão da BHRP. Outro aspecto importante, a BHRP à jusante da UHE-Sá Carvalho encontra dificuldade para transportar por completo a carga de sedimentos em função das condições de assoreamento (CEMIG, 2014). Entretanto, o carreamento ainda que parcial afeta o ambiente lótico. Raposo *et al.* (2012) analisando a qualidade da água em localidades próximas à UHE-Lajeado relacionaram a turbidez do Ribeirão Taquaruçu com o reservatório, notadamente nos meses com pluviometria aumentada. Curbelo *et al.* (2013) constataram que um alto nível de partículas suspensas no corpo aquático promove a difusão da solaridade e absorção do calor, o que aumenta a temperatura e disponibilidade para organismos aquáticos. As condições detectadas para a BHRP mostraram relação com a exploração econômica, já que em sua saída após as mineradoras em trecho assoreado ainda apresenta contaminação por esgoto em diversos pontos. Tal condição ocorre de forma análoga ao longo da BHRD submetida à intensa remoção da mata ciliar e implicando na extinção das corredeiras além dos fundos cavernosos que eram o habitat de grande diversidade de espécimes ameaçadas de extinção, como o surubim e outras (COELHO *et al.*, 2008).



Fonte: QUEIROZ, 2017.

Figura 12 – Valores médios mensais de turbidez em cada ponto de amostragens na BHRP no período de estudo. Fonte: QUEIROZ, 2017

A aplicação do teste Kruskal-Wallis evidenciou que em relação à turbidez da água não foi encontrada diferença estatística ($H_{(4,\ N=\ 95)}$=1,773567; p= 0,7773) entre as estações amostrais (Figura 13).

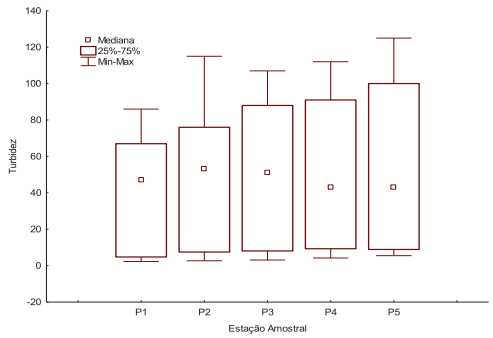


Figura 13 - Resultados do teste de Kruskal- Waalis para turbidez em cada estação amostral da BHRP no período de amostragens.

Outro aspecto importante, a BHRP à jusante da UHE-Sá Carvalho encontra dificuldade para transportar por completo a carga em função das condições de assoreamento (CEMIG, 2014). Entretanto, o carreamento ainda que parcial afeta o ambiente lótico. Raposo *et al.*(2012) analisando a qualidade da água em localidades próximas à UHE - Lajeado relacionaram a turbidez do Ribeirão Taquaruçu com o reservatório notadamente nos meses com pluviometria aumentada. Curbelo *et al*. (2013) constataram que um alto nível de partículas suspensas no corpo aquático promove a difusão da solaridade e absorção do calor, o que aumenta a temperatura e disponibilidade para organismos aquáticos.

Em relação ao reservatório da UHE – Sá Carvalho se constatou que a turbidez apresentou impactos mais relevantes na estação chuvosa. Verificou-se facilmente que as mais amplas variações e os mais elevados picos de turbidez são bem amortecidos no reservatório por efeito de sedimentação notadamente na estação seca. Entretanto, há que se ressaltar que a turbidez inclui também partículas em suspensão não sedimentáveis, inclusive algas e substâncias em solução, a exemplo do ferro. Vale destacar que no reservatório o Valor Máximo Permitido (VMP) correspondente a 100 NTU definido pelo CONAMA 357/2005 não foi violado em qualquer período do ano sendo detectado o pico correspondente a 89,6 NTU na estação chuvosa.

Para o recurso hídrico, os resíduos sólidos podem causar danos aos peixes e à vida aquática. Trata-se da sedimentação no leito dos rios destruindo organismos que fornecem alimentos, ou também danificando os leitos de desova de peixes. Os sólidos podem reter bactérias e resíduos orgânicos no fundo dos rios, promovendo decomposição anaeróbia. Além disso, podem apresentar altos teores de sais minerais, particularmente sulfato e cloreto, associando-se à tendência de corrosão em sistemas de distribuição, além de conferir sabor às águas (BOISVERT *et al*., 2007). Tais condições oneram o tratamento da água visando a sua potabilidade. (CACHIONI *et al*., 2012).

No R_{Total} se encontra incluso o material em suspensão, constituído de fração mineral ou inorgânica e outra orgânica (ANDRADE *et al*., 2012). Um efeito importante se relaciona com a hidrodinâmica e a consequente redução de transporte de partículas, ocorrendo a deposição do material em suspensão, diminuindo a profundidade do corpo d'água e relacionando-se com incremento da turbidez, salinidade e dureza da água (GÜNTZEL *et al*., 2012).

O regime de chuvas se torna componente ambiental preponderante também em relação ao Resíduo Total (R_{Total}), influenciando a qualidade de suas águas, seja pelo grau de diluição ou pelo transporte de nutrientes e/ou sedimentos (MICHEL *et al*., 2014). Tal situação foi identificada também para a BHRP nas localidades desse estudo sendo os valores mais elevados em P_4 e P_5. Destaca-se que o CONAMA 357/2005 determina que os resíduos sólidos objetáveis devam assumir a condição virtualmente ausente em águas Classe 1, 2 e 3.

A região percorrida pela BHRP se apresenta como área bastante impactada. Os efluentes industriais e domésticos constituem em problema regional em função dos seus poluentes. Além disso, a geração de toneladas de resíduos e disposição inadequada tem provocado a contaminação

e poluição do solo, implicando no incremento do teor de metais afetando o padrão litológico (UMETSU *et al*., 2011). Tais condições interferem na mobilidade daquelas substâncias, favorecendo a absorção pelas plantas e consequentemente a entrada na cadeia alimentar, na dependência da forma iônica (hidróxidos, carbonatos, complexos orgânicos e outros) e atributos do solo, tais como, pH, Capacidade de Troca de Cátions (CTC), Matéria Orgânica do Solo (MOS), potencial de oxi-redução e interação com outros elementos (SILVA *et al*., 2009).

Em relação aos metais detectados na água superficial da BHRP (Tabela 8) foram identificados valores que violaram o VMP para uma multiplicidade daqueles elementos e dentre esses podem ser citados o alumínio, arsênio e manganês, tóxicos à saúde humana quando acima do limite de tolerância biológico de exposição. Estes são capazes de interferir em diversas passagens metabólicas, causando os sinais e sintomas de patologias com agravamento das condições de morbidade e mortalidade (MACHADO *et al.,* 2015). Milla dos Santos *et al.* (2014) relatam que o contato com o corpo aquático pode redundar na ingestão de metais através da via oral, favorecendo a produção de radicais livres e afetando o sistema imunológico, tornando o indivíduo mais suscetível a viroses, ataque de bactérias e fungos oportunistas. Tais condições se tornam mais preocupantes quando são expostos grupos sociais mais vulneráveis como crianças, idosos e indivíduos portadores de doenças crônicas (MALTA *et al*., 2007).

Constatou-se também a elevação dos teores de Mn e Fe (Tabela 7) constituindo-se em fator que deve ser muito bem ponderado tendo em vista o uso da água para fins de abastecimento público. A tecnologia disponível para tratamento da água permite bom nível de remoção dos contaminantes e garante a distribuição de água potável com padrão de qualidade adequado. Entretanto, o tratamento inclui a oxidação daqueles metais, através da injeção de substâncias como o cloro, tornando-os insolúveis, garantindo a remoção nas etapas de decantação e filtração, contribuindo para elevação das tarifas pertinentes à sua distribuição. Em outro ângulo, existem ainda municípios com grandes dificuldades na execução dos procedimentos necessários incluindo-se esgotamento sanitário; o manejo de resíduos sólidos urbanos; e a drenagem e manejo das águas pluviais (MARENGONI *et al*., 2013).Outro aspecto, os resultados mostraram incremento também na concentração do vanádio (Tabela 7) evidenciando relação com os mecanismos de produção na região abrangida pelo Rio Piracicaba nas localidades desse estudo. No Brasil, aproximadamente 80% do vanádio produzido é empregado como ferro-vanádio ou como aditivo em aço. Trata-se de elemento essencial para diversos organismos vivos. Em relação ao homem tem importante ação inibindo a síntese de colesterol evitando a deposição de gorduras nas paredes das artérias, por tanto, prevenindo os ataques cardíacos e isquemia cerebral (MARENGONI *et al*., 2013). Entretanto, torna-se importante que os padrões de qualidade da água são estabelecidos de acordo com a sua finalidade e a periculosidade relacionada a cada poluente considerado. Nesse contexto, os resultados encontrados extrapolaram o VMP correspondente a 0,1ppm em todos os pontos de coleta, sendo o pior resultado identificado em P_3 (Tabela 9).

Tabela 9 – Teores de metais (média e variância) na água superficial na BHRP, em cada ponto de amostragens no período de estudo

Metal	P_1		P_2		P_3		P_4		P_5	
	$\bar{x}$ (ppm)	s	$\bar{x}$ (ppm)	s	$\bar{x}$ (ppm)	s	$\bar{x}$ (ppm)	s	$\bar{x}$ (ppm	s
Al	87	0,0972	140	0,0967	99	0,0972	253	0,0981	245	0,0972
As	2,8	0,0854	0,54	0,0972	0,35	0,0585	0,83	0,0994	1,25	0,775
Co	0,12	0,0985	0,78	0,0848	0,29	0,0576	0,41	0,0995	0,38	0,0943
Cr	0,77	0,0972	0,43	0,0975	0,19	0,0478	1,17	0,0942	1,68	0,0997
Fe	482	0,0565	1607	0,0975	567	0,0872	601	0,0976	694	0,0972
Mn	105	0,0967	178	0,0952	48	0,0974	44	0,0992	32,1	0,0875
Na	3105	0,0837	1975	0,0792	2765	0,0762	2153	0,0972	2425	0,0548
K	3237	0,0637	2105	0,0428	2935	0,0734	3098	0,0943	3105	0, 0975
Th	0,01	0,0944	0,01	0,0953	0,01	0,0935	23,5	0,0997	37,2	0,0972
U	≤0,02	NA	≤0,02	NA	≤0,02	NA	≤0,02	NA	≤0,02	NA
V	3,78	0,0852	4,32	0,0674	4,75	0,0824	3,89	0,0912	4,13	0,0882
Zn	23,6	0,0985	33,7	0,0977	16,8	0,0972	15,67	0,0908	14,48	0,0725

Fonte: QUEIROZ, 2017.

As águas do reservatório da UHE – Sá Carvalho apresentam relação direta com a BHRP. Nesse sentido, inferem-se as possibilidades quanto à presença de grande variedade de espécies químicas de metais traço com níveis distintos de toxicidade e biodisponibilidade. Todavia, os relatórios da CEMIG indicaram apenas teores de ferro, manganês e potássio na estação chuvosa em teores inferiores ao VMP do CONAMA 357/2005 e COPAM/CERH-MG 01/2008.

Considerações Finais

Em suma, os dados obtidos para os pontos analisados na BHRP indicaram que a exploração econômica oportunizou alteração dos parâmetros físico-químicos resultando em IQA regular. Quanto ao efeito da UHE - Sá Carvalho na qualidade da água do rio Piracicaba, observou-se que esse último em função da sedimentação e autodepuração atua positivamente fazendo com que as águas represadas cheguem mais límpidas à barragem, sendo essa informação confirmada pelos teores de turbidez mensurados nesse estudo.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE FILHO, J. L.; SAAD, A. R.; ALVARENGA, M. C. Considerações acerca dos impactos ambientais decorrentes da implantação de reservatórios hidrelétricos em aqüíferos livres e suas conseqüências. Geociênc. (São Paulo), São Paulo, v. 29, n. 3, 2010.

ALVES, M. C.; SUZUKI, L. G. A. S., SUZUKI, L. E. A. S..Densidade do solo e infiltração de água como indicadores da qualidade física de um Latossolo Vermelho distrófico em recuperação. Rev. Bras. Ciênc. Solo [online]. 2007, vol.31, n.4, pp. 617-625.

ALVES, R. I. S.; OLIVEIRA C., OSMAR, T., ABREU, K. A. ; JULIÃO, F. C.; TREVILATO, T. M. B.; SEGURA-MUÑOZ, S. I.. Water quality of the RibeirãoPreto Stream, a watercourse under anthropogenic influence in the southeast of Brazil. Environmental Monitoring and Assessment (Print), v. 185, p. 1151-1161, 2013.

ANDRADE, E. M.; COSENZA, J. P.; PINGUELLI LACERDA, G.B.. *The Vulnerability of hydroelectric generation in the Northeast of Brazil: The environmental and business risks for CHESF*. *Renewable & Sustainable Energy Reviews,* v. 16, p. 5762, 2012.

APHA (2005). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th edition.*

BOISVERT, S.; JOLY, D.; LECLERE, S.; GOVINDACHARY, S.; HARNOIS, J.; CARPENTIER, R. Inhibition of the oxygen-evolving complex of photosystem II and depletion of extrin sic polypeptides by nickel .Biometals, v. 20, n. 6, p. 879-889, 2007.

ANA (2019). Agência nacional das águas. Apoio à gestão de recursos hídricos. Disponível em: <http://www2.ana.gov.br//>. Acesso em: 05/01/2019.

ANEEL (2019). Agência Nacional de Energia Elétrica. Procedimentos de distribuição – versão preliminar. Módulo 4 – Procedimentos operativos. Brasília, Distrito Federal, janeiro 2004 (c). Disponível em: <http://www.aneel.gov.br//>. Acesso em 05/01/2019.

CACHIONI, M. (Org.); BRESSAN, A.(Org.); AMALFI, R. A. (Org.). Piracicaba em traços e cores. 1. Ed. Piracicaba: IPPLAP, v. 1000. 64 p., 2012.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA n° 357 de 17 de março de 2005. Brasília: D.O.U., 2005.

CEMIG. Relatório Final de Monitoramento da Ictiofauna – UHE Sá Carvalho, 2010/2011. Disponível: <http://www.cemig.com.br//>. Acesso em 05/01/2019.

CURBELO, F. D. S.; GARNICA, A. I. C.; BARROS NETO, E. L. de. Salinity effect in cloud point phenomena by nonionic surfactants used in enhanced oil recovery tests. Petroleum Science and Technology, v. 31, p. 1544-1552, 2013.

FRANKLIN, E.; FRANKLIN, E. ; DE MORAES, J.; MAGNUSSON, W. E. ; DE SOUZA, J. L. P.; PEQUENO, P. A. C. L.; MAGNUSSON, W. E. ; DE MORAIS, J. W.. Corrigendum to -Geographic position of sample grid but not the removal of uncommon species affect multivariate analyses of diverse

assemblages. The case of oribatid mites (Acari: Oribatida)- [Ecol. Indicat. 34 (2013) 172-180]. Ecological Indicators, v. 36, p. 745, 2014.

GÜNTZEL, A.M.; MELO, I. K. M.; ROCHE, K. F.; SILVA, V.F.B.; POMPIANI, P.G. Cladocerans from gut contents of fishes associated to macrophytes from Taquari River Basin, MS, Brazil. Acta Limnologica Brasiliensia, v. 24, p. 97-102, 2012.

KOENING, M. L.; FLORES MONTES, M. J.; LEÇA, E.E.; SILVA, A.S.X. New record of Akashiwosanguinea (Dinophyta) in the tropical estuarine waters of Northeastern Brazil (Western Atlantic).Brazilian Journal of Biology, v. 74, p. 191-198, 2014.MACHADO, K. S.; FROEHNER, S.; SÁNEZ, J.; FIGUEIRA, R; C.L ; FERREIRA, P. A. L.. Assessment of historical fecal contamination in Curitiba, Brazil, in the last 400years using fecal sterols. Science of the Total Environment, v. 493, p. 1065-1072, 2014.

MANLY, B.J.F. Métodos estatísticos multivariados: uma introdução. 3ª ed. Brookman, Porto Alegre, 2008.

MARENGONI, N. G., KLOSOWSKI, E. S., OLIVEIRA, K. P. de, CHAMBO, A. P. S., GONÇALVES JUNIOR, A. C.. Bioacumulação de metais pesados e nutrientes no mexilhão dourado do reservatório da Usina Hidrelétrica de Itaipu Binacional. Química Nova, vol.36, n.3, pp. 359-363, 2013.

MATOS, M.O.; PINHEIRO, L. P. S.; MORALES, G.P.; VASCONCELOS, R. C.; MOURA, Q. L.. Influência da Maré na Dissolução de Poluentes Gerados no Depósito de Resíduos Sólidos da Região Metropolitana de Belém-PA. Enciclopédia biosfera, v. 7, p. 1166-1176, 2011.

MICHEL, G. P.; KOBIYAMA, M.; GOERL, R. F. Comparative analysis of SHALSTAB and SINMAP for landslide susceptibility mapping in the Cunha River basin, southern Brazil. Journal of Soils and Sediments, v. 14, p. 1266-1277, 2014.

MINAS GERAIS. Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG N.º 1, de 05 de maio de 2008. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Executivo, Belo Horizonte, 2008.

NEVES, S. M. A. S.; CASARIN, R.; NEVES, R. J. Implicações do uso da terra na qualidade
das águas dos cursos fluviais da bacia hidrográfica do rio Paraguai-Jauquara/MT. In: 2
Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 2009, Corumbá. Anais... Campinas/SP: Embrapa/INPE, p. 527-536, 2009.PERESIN, D.; TORGAN, L. C.; SCHULZ, U.; CROSSETTI, L. O. Structure of potamoplankton along a gradient of preservation of riparian vegetation in subtropical streams. Anais da Academia Brasileira de Ciências (Impresso), v. 86, p. 841-853, 2014.

QUEIROZ, M.T.A. Avaliação da qualidade da água da sub-bacia do Rio Piracicaba e da sua área de influência no reservatório da usina hidroelétrica de Sá Carvalho, Antônio Dias, MG, Brasil, Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos), UFMG, Brasil, 2017.

RODRIGUES, D. B. B.; OLIVEIRA, P. T. S.; ALVES SOBRINHO, T.; MENDIONDO, E. M. Hydrological benefits in the context of Brazilian environmental services program. Environment, Development and Sustainability, v. 1, p. 1, 2012.

ROESER, H. M. P.; ROESER, P. A. . O Quadrilátero Ferrífero - MG, Brasil: Aspectos sobre sua história, seus recursos minerais e problemas ambientais relacionados. Geonomos, v. 18, p. 34-37, 2010.

SILVA, A.P.S.; DIAS, H.C.T.; BASTOS, R.H.X.; SILVA, E. Qualidade da Água do Reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti, Minas Gerais. Revista Árvore, v. 33, n. 6, pp.1063-1069, 2009.

SILVA, D. C. ; BELATO, M.N. ; SILVA, R. J. Comparison between current technologies for the best choice of thermoelectric plant with coal or uranium. Journal of Energy and Power Engineering, v. 7, p. 1719-1728, 2013.

SIST, P.; SABLAYROLLES, P.; BARTHELON, S.; SOUSA-OTA, L.; KIBLER, J. F.; RUSCHEL, A.; SANTOS-MELO, M.; EZZINE-DE-BLAS, D. The Contribution of

Multiple Use Forest Management to Small Farmers Annual Incomes in the Eastern Amazon. Forests, v. 5, p. 1508-1531, 2014.SMITH, V. H. & SCHINDLER, D. W. Eutrophication science: where do we go from here? Trends in Ecology and Evolution 24: 201-207. 2009.

STENGER-KOVÁCS, C.; LENGYEL, E.; CROSSETTI, L. O.; ÜVEGES, V.; PADISAK, J. Diatom ecological guilds as indicators of temporally changing stressors and disturbances in the small Torna-stream, Hungary. Ecological Indicators, v. 24, p. 138-147, 2013.TUNDISI, J. Indicadores da qualidade da bacia hidrográfica para gestão integrada dos recursos hídricos. Estudo de caso: Bacia hidrográfica do Médio Tocantins. Tese de Doutorado, Universidade Federal de São Carlos, 2006, 152 pp.

TUCCI, C. E. M.; MENDES, C. A.. Avaliação Integrada de Bacia Hidrográfica, Instituto de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 2006.

UMETSU, R. K; GIRARD, P.; MATOS, D. M. da S.; SILVA, C. J. Efeito da inundação lateral sobre a distribuição da vegetação ripária em um trecho do rio Cuiabá, MT. Revista Árvore, v. 35, n. 6, p. 1077-1087, 2011.

VON SPERLING, M.; VON SPERLING, E. Challenges for bathing in rivers in terms of compliance with coliform standards. Case study in a large urbanized basin (das Velhas River, Brazil). Water Science and Technology, v. 67, p. 2534-2542, 2013.

ZIMMERMANN, C. M.; GUIMARAES, O. M.; ZAMORA, P. P. Avaliação da qualidade do corpo hídrico do rio Tibagi na região de Ponta Grossa utilizando análise de componentes principais (PCA), Química Nova, v. 31, n. 7, p. 1727-1732, 2008.

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 aceito 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 aceito 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