

## A falta de **FERTILIZANTES** no Brasil

Por *André Bernardo (UFSCar)*

**EVENTOS ABEQ 2022**

**PSE-BR**

*On-line, 11 a 13 de maio*

**SINAFERM**

*Rio de Janeiro, 28 a 31 de Agosto*

**LEIA TAMBÉM**

**POR QUE A  
PALAVRA "NUCLEAR"  
CAUSA TANTO MEDO?**

Por *Rafael Henrique Lazzari  
Garcia (IPEN)*

Saiba mais em nosso site: [www.abeq.org.br](http://www.abeq.org.br)



# ABEQ Associação Brasileira de Engenharia Química

A Associação Brasileira de Engenharia Química (ABEQ) é uma sociedade sem fins lucrativos que congrega pessoas e empresas interessadas no desenvolvimento da Engenharia Química no Brasil.

Há mais de quatro décadas a ABEQ desempenha importante papel na valorização dos profissionais e estudantes da engenharia química em nosso país, bem como na divulgação da engenharia química e de sua contribuição para a melhoria da qualidade de vida dos cidadãos.

A ABEQ oferece ainda uma variedade de serviços que ajudam a comunidade de engenharia química a melhor posicionar-se quanto aos desafios do presente e do futuro nas áreas tecnológica, científica e de ensino.



## Nossos Serviços

**CURSOS:** ABEQ oferece diversos cursos de extensão.

**CONGRESSOS:** COBEQ - Congresso Brasileiro de Engenharia Química.

ENBEQ - Encontro Brasileiro sobre o Ensino de Engenharia Química.

COBEQ-IC - Congresso Brasileiro em Iniciação Científica de Engenharia Química.

SINAFERM - SHEB - Simpósio Nacional de Bioprocessos e Seminário de Hidrólise Enzimática de Biomassa.

**PRÊMIO:** Prêmio Incentivo à Aprendizagem, dedicado aos melhores formandos dos cursos de Engenharia Química.

## Publicações

BjchE



**Brazilian Journal of Chemical Engineering:** periódico trimestral que publica artigos científicos em inglês.

BIM



**Boletim Informativo:** é uma edição mensal, buscando transmitir notícias relevantes sobre Engenharia Química no Brasil e Exterior.

REBEQ



**Revista Brasileira de Engenharia Química:** a publicação quadrimestral promove o debate sobre questões relacionadas à engenharia química e suas relações com a sociedade.

**REGIONAIS:** Aqui você encontra informações sobre atividades das regionais da ABEQ.

**REGIONAL BAHIA**  
regionalba@abeq.org.br

**REGIONAL PARÁ**  
regionalpa@abeq.org.br

**REGIONAL RIO DE JANEIRO**  
regionalrj@abeq.org.br

**REGIONAL RIO GRANDE DO NORTE**  
regionalrn@abeq.org.br

**REGIONAL RIO GRANDE DO SUL**  
regionalrs@abeq.org.br

**REGIONAL SÃO PAULO**  
regionalsp@abeq.org.br

**ASSOCIE-SE:** Para associar-se à ABEQ basta indicar a uma das modalidades de sócio. Além da carteira de sócio o associado passa a usufruir de vantagens exclusivas da ABEQ. Como desconto em Cursos, Seminários e Congressos promovidos pela ABEQ. Convênios com Livrarias, Escolas de Idiomas, entre outros descontos que chegam até 20% na apresentação da carteirinha.

### SÓCIOS COOPERADORES



### SÓCIOS COLETIVOS



# PALAVRA DO PRESIDENTE

Caros Abequianos,

Antes de mais nada, a Abeq lhes deseja um ótimo 2022 e lhes traz este primeiro número da REBEQ de 2022. O ano ainda não está muito claro, por um lado a pandemia nos deu uma trégua, mas temos uma guerra horrenda ocorrendo com efeitos contraditórios sobre a nossa economia globalizada.

Ano de incerteza, ano de eleições, mas este número lhes traz dois artigos para pensar. O primeiro se intitula “Por que a palavra “nuclear” causa tanto medo?” e levanta e contrapõe pré-julgamentos e informações sobre a energia nuclear. Na mesma linha, o artigo “a falta de fertilizantes no Brasil” faz um apanhado dos fatos que nos levaram à situação atual de dependência extrema de importações destes tão importantes insumos (para um país que se quer agrícola) e nos faz refletir sobre como chegamos a esta situação.

Além destes excelentes artigos temos a seção sobre os artigos que foram publicados na Brazilian Journal of Chemical Engineering e um “teaser” sobre os nossos congressos deste ano. O PSE-BR e o Sinaferm/SHEB/Enzitec.

Desejo uma boa leitura a todos e muito boas vindas aos nossos novos associados!

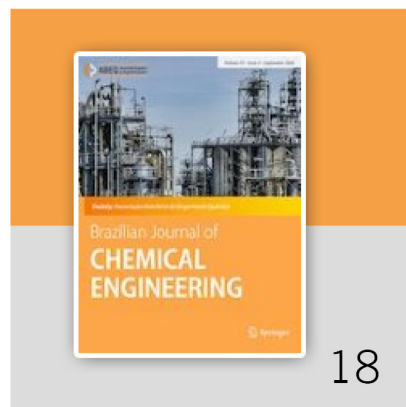
**Um abraço**



Galo Antonio Carrillo Le Roux

Presidente da ABEQ

# ÍNDICE



## ARTIGO

- 14 Por que a palavra “nuclear”  
causa tanto medo?

## CAPA

- 6 A falta de fertilizantes no Brasil

## EVENTOS ABEQ 2022

- 12 SINA FERM, SHEB, ENZITEC  
13 PSE-Br

## BJCHE

- 18 Trabalhos publicados no BJChE  
em setembro e dezembro de  
2021 e março de 2022

# SOBRE A ABEQ

## A ABEQ E VOCÊ

Associando-se à ABEQ você impulsiona sua carreira profissional e se posiciona melhor frente aos novos desafios que a sociedade impõe sobre a profissão.

A ABEQ lhe oferece múltiplas oportunidades de relacionamento a elite de profissionais da academia e da indústria. Também lhe dá acesso a informação científica e tecnológica de ponta e lhe oferece oportunidade de participação ativa na comunidade de engenharia química.

### Confira:

- Oportunidades de contatos com colegas, associações, universidades, empresas e entidades governamentais.
- Organização de encontros nas áreas científica, tecnológica e de ensino que mobilizam cerca de 3000 profissionais.
- Organização de cursos de extensão e apoio a cursos de terceiros.
- Acesso a publicação científica trimestral com o respeitável índice de impacto 0,4 (Web of Knowledge), a revista técnico-comercial formato digital e um boletim eletrônico de notícias distribuído para mais de 110 mil contatos.
- Valorização do profissional através de prêmios para estudantes, formandos e pós-graduandos.



## FALE CONOSCO

Tem alguma dúvida ou quer mais informações sobre a ABEQ? Contribua com opiniões, ideias e depoimentos.

**E-mail:** [rebeq@abeq.org.br](mailto:rebeq@abeq.org.br)

*Os artigos assinados, declarações dos entrevistados e publicidade não refletem necessariamente a opinião da ABEQ. É proibida a reprodução total ou parcial de textos e fotos sem prévia autorização. A Revista Brasileira de Engenharia Química é propriedade da ABEQ - Associação Brasileira de Engenharia Química, conforme certificado 1.231/0663-032 do INPI.*

REVISTA BRASILEIRA DE ENGENHARIA QUÍMICA

Publicação da Associação Brasileira de Engenharia Química

Vol. 38 - nº 1 | 2022 - 1º quadrimestre | ISSN 0102-9843



### Editor

Galo Carrillo Le Roux

**Secretaria Executiva**

Bernadete Aguilar Perez

### Editor Associado

André Bernardo

**Produção Editorial**

BEESOFT - [www.beesoftware.com.br](http://www.beesoftware.com.br)

### Redação, Correspondência e Publicidade

Av. Prof. Luciano Gualberto, 380 - Cidade Universitária - CEP: 05508-010 - São Paulo - SP

### ABEQ - GESTÃO 2018-2020

#### CONSELHO SUPERIOR

Argimiro Resende Secchi, Gorete Ribeiro de Macedo, Hely de Andrade Júnior, Lincoln Fernando Lauschtenlager Moro, Marcelo Martins Seckler, Maria Cristina Silveira Nascimento, Mauro Ravagnani, Marcio Tavares Lauria, Ricardo de Andrade Medronho, Selene Maria de A.G.U. de Souza, Suzana Borschiver

#### DIRETORIA

Galo Antonio Carrillo Le Roux - Diretor Presidente  
André Bernardo - Diretor Vice-Presidente  
Guilherme Guedes Machado - Diretor Vice-Presidente  
Ricardo da Silva Seabra - Diretor Vice-Presidente  
José Ermírio de Moraes - Diretor Secretário  
Bruno Faccini Santoro - Diretor Tesoureiro

#### REGIONAIS

##### Bahia

Luiz Antonio Magalhães Pontes - Diretor Presidente

Ana Cláudia Gondim de Medeiros - Diretora Vice-Presidente

##### Pará

Fernando Alberto Sousa Jatene - Diretor Presidente  
Pedro Ubiratan de Oliveira Sabaa Srur - Diretor Vice-Presidente

##### Rio de Janeiro

Elcio Ribeiro Borges - Diretor Presidente  
Claudinei de Souza Guimarães - Diretor Vice-Presidente

##### Rio Grande do Norte

Everaldo Silvino dos Santos - Diretor Presidente  
André Luis Lopes Moriyama - Diretor Vice-Presidente

##### Rio Grande do Sul

Jorge Otávio Trierweiler - Diretor Presidente  
Heitor Luiz Rossetti - Diretor Vice-Presidente

##### São Paulo

Carlos Calvo Sanz - Diretor Presidente  
Denise Mazzaro Naranjo - Diretora Vice-Presidente

# A FALTA DE FERTILIZANTES NO BRASIL

Por André Bernardo (UFSCar)

O Brasil está entre os três maiores produtores e exportadores de gêneros agropecuários do mundo, junto com EUA e Rússia. Ao contrário do restante da economia nacional, a agricultura e a pecuária nacionais aumentaram muito sua produtividade nos últimos anos, produzindo cada vez mais com menos recursos. Há vários anos, e cada vez mais, o sucesso comercial da agropecuária brasileira alivia os problemas econômicos nacionais. Neste contexto, talvez a “ética do potássio” do nosso governo fizesse algum sentido. A “ética do potássio”, expressão cunhada pelo jornalista Marcelo Godoy seria a justificativa que o presidente brasileiro encontrou para se manter neutro diante da invasão russa à Ucrânia, já que a Rússia é (era) um dos maiores fornecedores de fertilizantes ao Brasil, dos quais dependem nossas safras e criações. Pois a Rússia deixou de vender fertilizantes para o mundo todo, independentemente da opinião de seus governantes. Se o segundo-tenente Winston vivo fosse, poderia ter dito ao capitão: “Entre a imoralidade e os fertilizantes, escolheste a imoralidade e não terás o fertilizante”.

Se “o subdesenvolvimento não se improvisa, é obra de séculos”, como escreveu Nelson Rodrigues, nossa inexplicável baixa produção de fertilizantes é obra de décadas. A novidade macabra é o uso deste problema para explorar e devastar terras indígenas na Amazônia, o que só vai servir para justificar o boicote àquelas poucas coisas que o Brasil ainda vende ao mundo – os gêneros agropecuários. O enredo é complicado, então façamos como diria um pecuarista: vamos fatar o boi aos bifés.

Fertilizantes ou adubos (sintéticos ou orgânicos), segundo a Wikipedia, “são qualquer tipo de substância aplicada ao solo ou tecidos vegetais (geralmente as folhas) para prover um ou mais nutrientes essenciais ao crescimento das plantas. São aplicados na agricultura



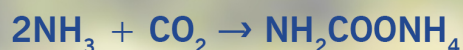
com o intuito de melhorar a produção”. Geralmente a palavra adubo se refere a compostos naturais (como o esterco) e fertilizantes são formulações de substâncias puras ou sintéticas. Os três principais nutrientes, ou macronutrientes primários, são o nitrogênio (N na tabela periódica), o fósforo (P) e o potássio (K). Por isso, a sigla NPK está sempre presente quando o assunto é fertilizante. Aliás, fertilizantes são classificados quanto ao seu NPK, ou teores de nitrogênio, fósforo e potássio.

Na verdade, a fórmula de fertilizante corresponde à concentração expressa em porcentagem dos nutrientes nitrogênio como nitrogênio elementar (N), fósforo como pentóxido de fósforo ( $P_2O_5$ ) e potássio como óxido ( $K_2O$ ). Os fertilizantes na verdade não contêm P e K na forma de óxidos, ou nitrogênio elementar. Esta forma de apresentação vem da tradição dos primórdios das análises químicas. Assim um fertilizante NPK 20-05-20, por exemplo tem 20% de nitrogênio, fósforo equivalente a 5% de  $P_2O_5$  e 20% de potássio equivalente a 20% de  $K_2O$ .

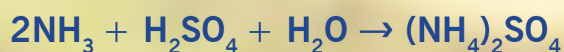
## NITROGÊNIO

Conforme já cA fonte de nitrogênio mais comum para fertilizantes é a ureia ( $CH_4N_2O$ ). O teor de nitrogênio na ureia é 46,7%. Outras substâncias usadas como fontes de fertilizantes são o nitrato de amônio ( $NH_4NO_3$ , 35% de nitrogênio) e o sulfato de amônio ( $(NH_4)_2SO_4$ , 21% de nitrogênio).

Ureia é produzida a partir da reação de amônia ( $NH_3$ ) com gás carbônico ( $CO_2$ ). A reação forma carbamato de amônio ( $CH_6N_2O_2$ ), que se decompõe em ureia e água:



Já os sulfato e nitrato de amônio são produzidos a partir da reação de amônia com ácidos sulfúrico e nítrico em água:



O leitor que me acompanha até aqui já deve ter percebido que o componente-chave para a produção de fertilizantes nitrogenados é a amônia. Esta é produzida pela reação de hidrogênio com nitrogênio no famoso processo Haber-Bosch. Os computadores e a internet que nos desculpem, mas as duas maiores realizações da humanidade foram a produção industrial de penicilina e o processo Haber-Bosch, que nos deram antibióticos e fertilizantes nitrogenados, sem os quais pelo menos metade de nós não existiríamos.



Voltando, a reação de formação da amônia:



Na reação acima, o nitrogênio vem do ar e o hidrogênio pode ser produzido a partir da gaseificação do carvão, da reforma de derivados do petróleo ou da reforma (a vapor) do gás natural:



Ou seja, gás natural mais engenheiro químico (Carl Bosch, da dupla com o químico Fritz Haber é o Pelé da Engenharia Química) é igual a amônia. Com amônia, fazemos fertilizantes nitrogenados. Simples. Ou não.

O Brasil tem gás natural. Muito gás natural. Tanto que até joga fora. O Brasil tem excelentes engenheiros químicos, eu mesmo dei aula para vários e várias. No entanto, em 2018, o Brasil produziu 1,26 milhões de toneladas de ureia e importou 9,81 milhões. Portanto, importamos 88,6% da ureia que consumimos.

A produção de amônia e ureia no Brasil se consolidou nas décadas de 70 e 80, a partir da Petrobrás (Fábrica de Fertilizantes Nitrogenados, Fafen) e de outros produtores de fertilizantes (Fosfértil, Ultrafértil, associações da Petrobrás com a então Companhia Vale do Rio Doce, CVRD, na época estatal). As fábricas foram mudando de mãos, mas, resumidamente, tínhamos as duas Fafen em Camaçari (BA) e Laranjeiras (SE), que eram da Petrobrás, foram fechadas e recentemente arrendadas para a Unigel e reabertas. As duas fábricas produzem amônia a partir do gás natural. No Paraná, a empresa que veio a se tornar a Araucária Nitrogenados S.A. foi inaugurada em 1982 como Ultrafértil (Petrobrás Fertilizantes, Petrofértil). Em 1993, foi vendida à Bunge e, em 2010, para a então Vale Fertilizantes. Em 2013, voltou para a Petrobrás. A fábrica produz amônia a partir de resíduo asfáltico (!), o que significa que os custos de produção devem ser proibitivos desde aquela privatização de 1993. A fábrica foi fechada definitivamente em 2020 depois de uma tentativa frustrada de venda para a russa Acron. A fábrica de amônia de Cubatão tem histórico similar – Petrobrás, CVRD, Ultrafértil, Vale Fertilizantes, *Mosaic*. A amônia em Cubatão é usada na produção de fosfatos nitrogenados. Ainda, como obras do finado PAC (Plano de Aceleração do Crescimento) a Petrobrás iniciou obras de Fafen em Uberaba (MG) e Três Lagoas (MS) para

produzir amônia e ureia a partir do gás natural boliviano. No dia 04 de fevereiro último, a ministra da Agricultura anunciou a compra da fábrica de Três Lagoas pela russa Acron, mas a Petrobrás não havia confirmado a notícia (Paraguassu e Samora, 2021). A guerra da Rússia com a Ucrânia estourou e provavelmente a Fafen de Três Lagoas continuará no limbo.

Na prática, o Brasil tem duas fábricas de ureia em funcionamento, que não atendem toda a demanda interna, e têm dificuldade em praticar preços competitivos já que o gás natural no Brasil é vendido por preços muito maiores do que nos EUA ou na Europa. O detalhe incômodo deste enredo fica por conta do fato de o Brasil reinjetar 43% do gás natural que produz. É isso mesmo, de cada 100 m<sup>3</sup> de gás natural que extraímos, 43 m<sup>3</sup> são devolvidos aos poços. Parte da razão para isso é técnica – aumentar a produção de óleo associado ao gás – mas a razão principal é comercial. O Brasil tem 9.400km de gasodutos, enquanto que a Argentina (!!) tem 16.000, os EUA têm 497 mil e a Europa 200 mil km. Como resultado, saia mais “barato” importar gás natural liquefeito do que produzir internamente (Rocha, 2020). O “barato” aqui é relativo: em janeiro do ano passado o preço do gás natural no Brasil era de US\$ 6,84/MMBtu (Rocha, 2021), enquanto que o preço nos EUA era US\$ 2,67/MMBtu. Não há como produzir ureia ou qualquer outro produto químico competitivamente.

Por falar em produto químico, a Associação Brasileira da Indústria Química (Abiquim), publica todo ano seu Anuário. A indústria química brasileira ainda é a 6ª maior do mundo, mas seu faturamento em dólar anda de lado desde 2008, e o volume de vendas internas de 2021 foi menor do que o de 2004. O déficit comercial do setor passou a aumentar muito a partir de 1994 e aumentou de intensidade em 2002. Ou seja, quando estabilizamos a moeda, e depois, quando nossas exportações (de gêneros agropecuários e minérios) se valorizaram, nossa indústria química não acompanhou e suprimos nossas necessidades crescentes com importações. Voltando para os fertilizantes, o déficit comercial da indústria química em 2021 foi de 34,9 bilhões de dólares. Desses, 12,3 bilhões, ou 35,2% foram produtos químicos para uso final fertilizantes (Abiquim, 2021).

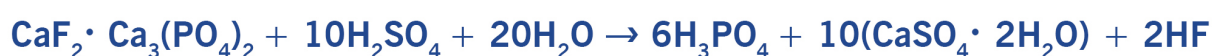
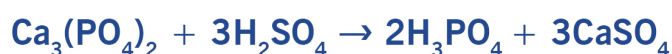
## FÓSFORO

Fósforo é o segundo macronutrienteprimário na sigla NPK. O Brasil tem a 6ª maior reserva de fosfato do mundo, com 2,15% das reservas globais. Os cinco países do mundo que dispõem de mais rocha fosfática que o Brasil são, na ordem:

1º Marrocos (36,5%), 2º China (23,7%), 3º Jordânia (9,6%), 4º África do Sul (9,6%) e 5º EUA (7,0%). A distribuição das reservas pelo mundo, tornam o fornecimento de fósforo pouco crítico em termos geopolíticos. Quando se considera a produção, o Brasil ocupa a mesma sexta posição no mundo. O ranking mundial de países produtores de fosfato obedecia em 2010 à seguinte ordem: China (34,88%), EUA (17,25%), Marrocos (15,22%), Rússia (5,71%), Tunísia (4,44%) e Brasil (3,99%), com 6,3 Mt de concentrado do  $P_2O_5$  produzido.

A maior parte das reservas de rocha fosfática do Brasil está nos estados de Minas Gerais com 67,9% desse total, seguido de Goiás com 13,8%, São Paulo com 6,1%, totalizando 87,8% das reservas do País.

Contudo, o Brasil atualmente importa 55% dos insumos para fertilizantes fosfatados que consome. Uma informação técnica importante para entendermos a cadeia produtiva dos fertilizantes fosfatados é a sua interconexão com a cadeia do enxofre, este também um nutriente (macronutriente secundário) importante na produção agrícola. O motivo da conexão das cadeias é o ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) usado para extrair o fosfato da rocha:



Podemos observar das reações anteriores que a rocha fosfática reage com o ácido sulfúrico para formar ácido fosfórico ( $H_3PO_4$ ), ácido fluorídrico (HF) e sulfato de cálcio ( $CaSO_4$ ) anidro ou di-hidratado. Aqui cabe uma nova pausa para falar dos subprodutos dessas reações.

O ácido fluorídrico é um gás altamente corrosivo. Na década de 80, Cubatão era considerada “a cidade mais poluída do mundo” e o ácido fluorídrico que saía da planta da Fosfertil para destruir a vegetação da Serra do Mar era um dos motivos. O HF pode ser absorvido em água com sílica ( $SiO_2$ ) para formar o ácido fluossilícico ( $H_2SiF_6$ ). Tanto o HF quanto o  $H_2SiF_6$  podem ser usados para produzir fluoreto de alumínio ( $AlF_3$ ) usado como fundente na eletrólise do alumínio. O Brasil é um dos maiores produtores de alumínio do mundo, mas importa o  $AlF_3$ . Então, aquela obra de séculos a que Nelson Rodrigues se referiu não se restringe mesmo a fertilizantes.

O sulfato de cálcio ou gesso – neste caso fosfogesso – pode ser e é usado como corretivo para acidez do solo, além de entregar cálcio e enxofre para o solo (ambos macronutrientes secundários junto com o magnésio). O detalhe aqui é que o fosfogesso contém urânio e ácidos húmicos (provenientes da rocha fosfática). Ambos poderiam ser extraídos, o urânio é combustível para usinas nucleares e os ácidos húmicos são fertilizantes de alto valor agregado. O gesso limpo poderia ser utilizado como material na construção civil. Nada disso é feito.

Voltando ao ácido fosfórico. Para a produção de fertilizantes fosfatados, o ácido fosfórico reage com amônia para formar mono-fosfato de amônio (MAP,  $NH_4H_2PO_4$ ), di-fosfato de amônio (DAP,  $(NH_4)_2HPO_4$ ), e com a rocha fosfática para formar tri-superfosfato (TSP,  $Ca(H_2PO_4)_2$ ). Há ainda o fosfato supersimples (SSP,  $Ca(H_2PO_4)_2 + CaSO_4$ ), que provém da reação incompleta da rocha fosfática com o ácido sulfúrico.



Portanto, a produção de fertilizantes fosfatados depende de ácido sulfúrico e de amônia, sobre a qual já discutimos, além da rocha fosfática. O ácido sulfúrico é produzido a partir do enxofre:



Há dois processos para produzir ácido sulfúrico, o da câmara de chumbo e da torre ácida. Ambos demandam altas temperaturas, de 400 a 1000°C. Portanto, precisam de gás natural, além de enxofre. O Brasil não tem muito enxofre. As reservas medidas eram em 2008 de 48,3 milhões de toneladas. Nossas reservas de enxofre são distribuídas como: associadas ao petróleo e ao gás natural; associadas aos folhelhos pirobetuminosos no estado do Paraná; associadas ao carvão no sul do Brasil; como subproduto de sulfetos (de zinco, ouro etc.). Há algum enxofre sedimentar no Sergipe, mas que ocorre de forma descontínua, prejudicando a extração. O Brasil produziu 513 mil toneladas de enxofre em 2008, que seria de 15 a 20% do necessário para atender os processos industriais, incluindo a produção de fertilizantes.

Ou seja, para que o Brasil produzisse mais fertilizantes fosfatados, precisaria produzir mais ácido sulfúrico, a partir de enxofre importado, mais amônia, além de disponibilizar mais gás natural a preços competitivos.

## POTÁSSIO

O último macro nutriente é o potássio, aquele que motivou a neutralidade diante da Rússia. É a nossa maior fragilidade. O Brasil importou 96% do enxofre que consumiu em 2018.

Os principais sais de potássio são o cloreto de potássio (KCl) e o sulfato de potássio ( $\text{K}_2\text{SO}_4$ ). O sulfato de potássio ocorre naturalmente em alguns lagos na Alemanha e nos EUA, mas pode ser produzido a partir do cloreto de potássio (processo Mannheim). Algumas culturas como tabaco, frutas e verduras são especialmente sensíveis ao cloreto e demandam aplicação do potássio na forma de sulfato, mas o cloreto de potássio é a maior fonte de potássio para fertilizantes.

O Brasil tem a quinta maior reserva de potássio do mundo, com 3,5% do total. O primeiro da lista é o Canadá (52,0%), seguido de Rússia (21,3%), Bielorrússia (8,9%), e Alemanha (8,4%). No Brasil, as reservas oficiais de sais de potássio são da ordem de 13 Bt (silvinita KCl-NaCl, e carnalita KCl-MgCl<sub>2</sub>-6H<sub>2</sub>O), sendo que em Sergipe, as reservas oficiais de potássio totalizaram, no ano de 2008, 489 Mt de silvinita (medida), com teor médio de 9,7% de K<sub>2</sub>O, e 11,541 Bt de carnalita, com teor médio de 8,3% de K<sub>2</sub>O, localizadas nas sub-bacia-sevaporíticas de Taquari-Vassouras e Santa Rosa de Lima, municípios de Rosário do Catete, Carmópolis, Santa Rosa de Lima.

Vamos considerar que apenas 50% das reservas de carnalita de Sergipe fossem exploráveis. Estaríamos falando de cerca de 480 milhões de toneladas de K<sub>2</sub>O, ou 380 milhões de toneladas de KCl, o suficiente para atender 36 anos do consumo de produto importado pelo Brasil em 2019. Vale a pena repetir: metade das reservas de carnalita em Sergipe substituiriam 36 anos de toda a importação de fertilizantes potássicos do Brasil. Deixemos a Amazônia e as reservas indígenas protegidas, por favor.

Há o argumento de que o processamento de carnalita seria diferente do

da silvinita e mais estudos precisariam ser feitos, o que não é totalmente verdade, pois vários estudos vêm sendo feitos. Cekinski, Calmanovici e Valarelli (1989) publicaram estudo no IPT avaliando a produção de KCl a partir de carnalita. Valarelli et al. (1991) descrevem a rota de processamento da carnalita. Segundo os autores “tratando carnalita, KCl-MgCl<sub>2</sub>-6H<sub>2</sub>O, com amônia ou ureia, a temperatura menor que 100°C, obtêm-se soluções com KCl e NH<sub>4</sub>Cl-MgCl<sub>2</sub>-nH<sub>2</sub>O (amônia) ou CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>-MgCl<sub>2</sub>-nH<sub>2</sub>O (ureia). O KCl é separado da solução por cristalização seletiva e em seguida seco. A solução restante constitui fertilizante nitrogenado com magnésio”.

Mais recentemente, Tavares et al. (2017) avaliaram o processo e a viabilidade econômica da cristalização e separação de KCl do minério de carnalita, em uma rota baseada em evaporações seletivas, muito parecida com a rota usada com a silvinita. Ou seja, engenheiros químicos brasileiros já vem mostrando há mais de 30 anos como o Brasil poderia utilizar suas reservas de carnalita para obter KCl.

Mas a história dos fertilizantes tem ainda o capítulo do silitoglaucônítico. Este é uma rocha sedimentar, de coloração verde, com grandes concentrações de minerais potássicos (de 7 a 14% de potássio). Pode ser moído e usado como fertilizante de liberação controlada de potássio, além de fornecer ao solo Silício (Si), o Magnésio (Mg), o Manganês (Mn) e o Ferro (Fe). Como a glaucônita é porosa, o silitoglaucônítico aumentaria a capacidade do solo de reter umidade. Ainda, o silitoglaucônítico não contém cloro em sua estrutura. Existe atualmente uma empresa explorando comercialmente as reservas de silito, a Verde Agritech. Contudo, o produ-

tor agrícola é naturalmente conservador e reticente a mudanças de procedimento. Técnicas de manejo e aplicação do siltito precisam ser criadas e divulgadas pela Embrapa e pelas cooperativas agrícolas do Brasil.

## ÚLTIMAS PALAVRAS

Nossa forte dependência de insumos fertilizantes importados foi uma escolha não deliberada da sociedade. Governantes e empresários ignoraram esta fragilidade nas últimas três décadas. Na década passada, a tentativa de resolver o problema à moda antiga, fazendo o Estado ou estatais arcarem com a obrigação de construir fábricas de fertilizantes resultou em desperdício e corrupção.

É pouco provável que o Brasil se torne completamente autossuficiente em fertilizantes, mas uma grande diminuição da dependência de insumos importados seria possível, e passa por uma reforma tributária que elimine a tributação em cascata particularmente prejudicial à indústria, cuja cadeia produtiva é longa e complexa, pela regulação do mercado de gás natural criada com o novo marco regulatório do gás natural, pelo incentivo governamental à pesquisa no setor, com especial atenção aos resíduos dos processos, e provavelmente algum incentivo tributário (com prazo delimitado, e muitas condicionantes, para que não resulte em desperdício e corrupção novamente) à implantação de fábricas de fertilizantes no Brasil.

## REFERÊNCIAS

ABIQUIM. O desempenho da indústria química brasileira 2021. Disponível em: [https://abiquim-files.s3.us-west-2.amazonaws.com/uploads/guias\\_estudos/2bc236800018f99168cf4d8c5fd\\_Desempenho%20da%20Ind%20%C3%A9stica%20Qu%C3%ADmica%202021.pdf](https://abiquim-files.s3.us-west-2.amazonaws.com/uploads/guias_estudos/2bc236800018f99168cf4d8c5fd_Desempenho%20da%20Ind%20%C3%A9stica%20Qu%C3%ADmica%202021.pdf). Acessado em 11/03/22.

CEKINSKI, E.; CALMANOVICI, C.E.; VALARELLI, J.V. (1989) Produção de KCl a partir da carnalita. Fertilizantes (IPT), 11,(1):6-7.

FERNANDES, F. R. C. (Ed.); LUZ, A. B.(Ed); CASTILHOS, Z. C. (Ed.). Agrominerais para o Brasil. Rio de Janeiro: CETEM, 2010. 380p.

GODOY M. Bolsonaro usa 'ética do potássio' para não condenar Putin. Disponível em: <https://politica.estadao.com.br/noticias/geral,bolsonaro-usa-etica-do-potassio-para-nao-condenar-putin,70003993642>. Publicado em: 28/02/22. Acessado em 11/03/22

PARAGUASSU L, SAMORA R. Russa Acron fecha compra de projeto de fertilizantes da Petrobras em MS, diz ministra. Reuters. Publicado em 04/02/21. Disponível em: <https://economia.uol.com.br/noticias/reuters/2022/02/04/russa-acron-fecha-compra-de-projeto-de-fertilizantes-da-petrobras-em-ms-diz-ministra.htm>

ROCHA L. Gás natural reinjetado até agosto corresponde a 43% da produção nacional. Disponível em: <https://www.poder360.com.br/economia/gas-natural-reinjetado-ate-agosto-corresponde-a-43-da-producao-nacional/>. Publicado em 07/10/20. Acessado em 19/01/22.

ROCHA L. Gás natural tem 39% de reajuste; promessa de Guedes fica mais distante. Disponível em: <https://www.poder360.com.br/economia/gas-natural-tem-39-de-reajuste-promessa-de-guedes-fica-mais-distante/>. Publicado em 01/05/21. Acessado em 19/01/22.

TAVARES, J.A. ; MOURA, L.F. ; BERNARDO, A. ; GIULIETTI, M.. Crystallization and separation of KCl from carnallite ore: Process development, simulation, and economic feasibility. ChemicalIndustry&ChemicalEngineeringQuarterly. v. 01, p. 239-249, issn: 1451-9372, 2017.

VALARELLI, J.V.; RAHAL, F.G.; CEKINSKI, E.; et al.Fertilizantes não convencionais: matérias-primas, processos, produtos e eficiência agrônômica. Boletim IG-USP. Publicação Especial[S.l: s.n.], 1991.Disponível em: DOI: 10.11606/issn.2317-8078.v0i9p203-206.



# SINAFERM SHEB E ENZITEC

RIO DE JANEIRO,  
28 A 31 DE AGOSTO



Em 2022, o XXIII Simpósio Nacional de Bioprocessos - SINAFERM e o XVI Seminário de Hidrólise Enzimática de Biomassas - SHEB juntam-se ao XIV Seminário Brasileiro de Tecnologia Enzimática - ENZITEC.

O SINAFERM é um evento consolidado na área de Bioprocessos por reunir, diversos pesquisadores, profissionais e estudantes para atualização técnico-científica em Biotecnologia Industrial. Agregar novas abordagens em Biologia Sintética e outras áreas de fronteira, permitindo traçar o caminho de cada elo da cadeia produtiva necessária ao estabelecimento de uma Bioeconomia forte, fazem parte dos desafios dessa edição. O uso da Biotecnologia Industrial como uma importante ferramenta multidisciplinar de desenvolvimento de tecnologias baseados nos processos biomoleculares e celulares, envolvendo tecnologias enzimáticas, química sustentável, engenharia bioquímica e bioinovação permite criar ou modificar produtos e resolver necessidades da sociedade.

Após a primeira edição do evento que ocorreu em São Paulo, em 1964, com a denominação inicial de Simpósio Nacional de Fermentações, o SINAFERM agregou muitos interesses, principalmente na área de tecnologias alternativas para o aproveitamento de biomassas e de biocombustíveis, tornando-se junto com o SHEB o maior evento em bioprocessos do país. As edições mais recentes do SINAFERM-SHEB ocorreram em Fortaleza – CE (2015), Aracaju -SE (2017) e Uberlândia – MG (2019), contando em

média com cerca de 450 congressistas e a apresentação de 500 trabalhos.

O Seminário Brasileiro de Tecnologia Enzimática (ENZITEC) trata-se de um tradicional evento na área de Enzimologia que ocorre no Brasil desde 1993. O ENZITEC é o evento de maior importância na área de Enzimologia realizado no país. As edições anteriores do ENZITEC ocorreram em Caxias do Sul (2016) e Florianópolis (2018), contando com uma média de 300 participantes.

Em função da pandemia da COVID-19, o ENZITEC retorna ao seu berço, o Rio de Janeiro para a realização conjunta com o SINAFERM – SHEB e desta forma poder maximizar os benefícios a todos os participantes com uma agenda científica e tecnológica mais multidisciplinar e rica. Espera-se que essa edição conjunta possa proporcionar aos participantes do evento, discussões profícuas nas áreas da biotecnologia industrial, bioeconomia e bioinovação, além da renovação da rede de contato profissional.

**Saiba mais em:**

<https://sinafermshebenzitec2022.galoa.com.br/>

# PSE-BR

ON-LINE,  
11 A 13 DE MAIO

PSE-Br

O congresso bianual PSE-BR da Seção Temática em Engenharia de Sistemas em Processos (PSE) da Associação Brasileira de Engenharia Química (ABEQ) visa congrega estudantes e profissionais da área de PSE no Brasil, tanto da academia como da indústria, para aumentar o conhecimento e a integração entre os grupos para o avanço da pesquisa e desenvolvimento no país desta importante área da engenharia química. O PSE-BR é também um mecanismo de divulgação da área PSE no Brasil, tanto no campo acadêmico como no setor industrial.

É com imensa satisfação que anunciamos a realização do II Congresso Brasileiro em Engenharia de Sistemas em Processos (PSE-BR 2022), que ocorrerá de 11 a 13 de maio de 2022, 100% on-line.

Convidamos todos aqueles com atividades de pesquisa e desenvolvimento científico e/ou tecnológico, na área de PSE, a submeterem seus trabalhos. Aguardamos sua presença!

**Saiba mais em:**

[https://eventos.ufpr.br/simproc/PSEBR\\_2022/](https://eventos.ufpr.br/simproc/PSEBR_2022/)



# POR QUE A PALAVRA “NUCLEAR” CAUSA TANTO MEDO?

Por Rafael Henrique Lazzari Garcia (IPEN)

Com a invasão e o domínio de usinas nucleares ucranianas pela Rússia, parte da mídia recorreu à lembrança dos grandes acidentes nucleares e possíveis efeitos de um novo evento. Qualquer incidente relacionado à energia nuclear e suas aplicações parece remeter a uma mistura de medo e fascínio, e, com isso, muitos “cliques” para os veículos que publicam essas notícias. Do mesmo modo, quedas de avião provocam uma cobertura muito maior da mídia, por mais que o transporte aéreo seja muito mais seguro que o terrestre. Proponho, aqui, uma análise pragmática dos dados relacionados aos acidentes de usinas nucleares.

Considerando a necessidade de gerar energia a partir de fontes alternativas, para evitar a escassez de insumos, poluição e aqueci-

mento global, não podemos ignorar o grande avanço da tecnologia das formas de geração solar e eólica. Porém, ainda que importantes, como se comparam à energia nuclear? Ora, toda forma de geração de energia possui pontos positivos e negativos. Vamos partir da premissa de que o pior cenário é a morte de pessoas, seja por acidente na instalação, durante a operação ou mesmo consequência dela (como, por exemplo, poluição). Vejamos esse gráfico mais de perto (**figura 1**).

Para cada Terawatt-hora (TWh) gerado com carvão do tipo linhito, 33 pessoas estarão condenadas, especialmente por doenças relacionadas à poluição do ar. No caso de óleo, 18. Biomassa, 5. Gás, 3. E usina nuclear? 0,07. Isso considerando todas mortes relacionadas

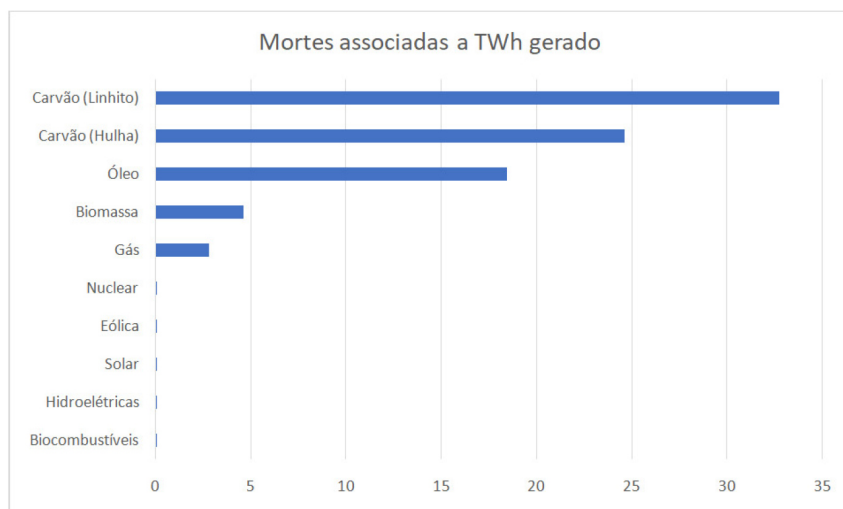


Figura 1. Mortes associadas à diferentes formas de produção de energia <sup>(1,2,3)</sup>



aos acidentes até hoje. No caso de Chernobyl, além das 31 pessoas que tiveram morte direta por consequência da exposição à radiação aguda, considerou-se também a estimativa da ONU (4) relacionada ao aumento da probabilidade de ocorrência de câncer fatal nos indivíduos expostos à radiação decorrente do acidente (cerca de 4.000 mortes).

No caso de Fukushima, é relatado que uma única pessoa morreu em decorrência à radiação do acidente, e outros 573 casos são relacionados ao impacto da evacuação do local às pressas. Vale lembrar que nesse evento do tsunami no Japão houve cerca de 18.500 mortes por outras causas (5). A esses valores de mortes por TWh decorrentes de energia nuclear também foram adicionadas as estimativas de mortes relativas à mineração e à operação das plantas associadas. Cabe ressaltar também que nunca foi provado nenhum efeito hereditário da radiação dos acidentes nucleares.

Bom, aí chegamos nas energias solar e eólica, que realmente são ótimas alternativas. Mas que também possuem uma taxa de mortalidade associada à instalação e manutenção dos sistemas: 0,04/TWh, no caso da eólica, e 0,02/TWh, no caso da solar. Ambos os valores não estão lá tão distantes dos números da energia nuclear. Além disso, outros fatores devem ser considerados. Turbinas eólicas são gigantes. E são necessárias muitas (ou seja, uma área imensa) para gerar em maior quantidade. Atualmente, as

turbinas mais modernas e potentes, de até 15MW, ainda se situam na fase pré-comercial. A cansada Itaipu, por sua vez, gera o equivalente a mil turbinas eólicas como essas, dia e noite (6, 7). Além disso, usinas eólicas, muitas vezes, causam transtornos onde são instaladas. Problemas de saúde na população (pelo barulho), destruição de vegetação nativa (por conta de sombras) e morte de pássaros (atropelados pelas pás) são algumas dessas potenciais perturbações.

A energia solar, além de a produção das placas ser poluente, ainda é comparativamente cara, com vida útil curta, e só gera energia de forma

outro aspecto: a indústria nuclear é a única que se responsabiliza por todos os resíduos gerados. E os resíduos das outras termoeletricas, onde estão? Isso mesmo, no seu pulmão.

Continuando: um acidente nuclear não pode inutilizar a área para sempre? Sim, existe esse risco (que até pode ser contornado com a limpeza do local depois, mas é cara), que, no entanto, é cada vez menor, já que após todo e qualquer incidente, os protocolos das usinas nucleares espalhadas no mundo são revisados e melhorados. Você já pensou que, para as hidrelétricas, a (in) utilização da área não é um risco,

é uma condição pra usina, causando inúmeros problemas não só ambientais, mas também sociais, com a realocação de comunidades?

Apesar disso tudo, qual a forma que o mundo escolhe para gerar energia? Pois é: as que mais poluem, matam e aquecem o planeta. Em 2020, foi assim: Óleo 33%, carvão 27%, gás

24%, hidrelétrica 6,4%, nuclear 4,3%, eólica 2,2%, solar 1,1%. (8)

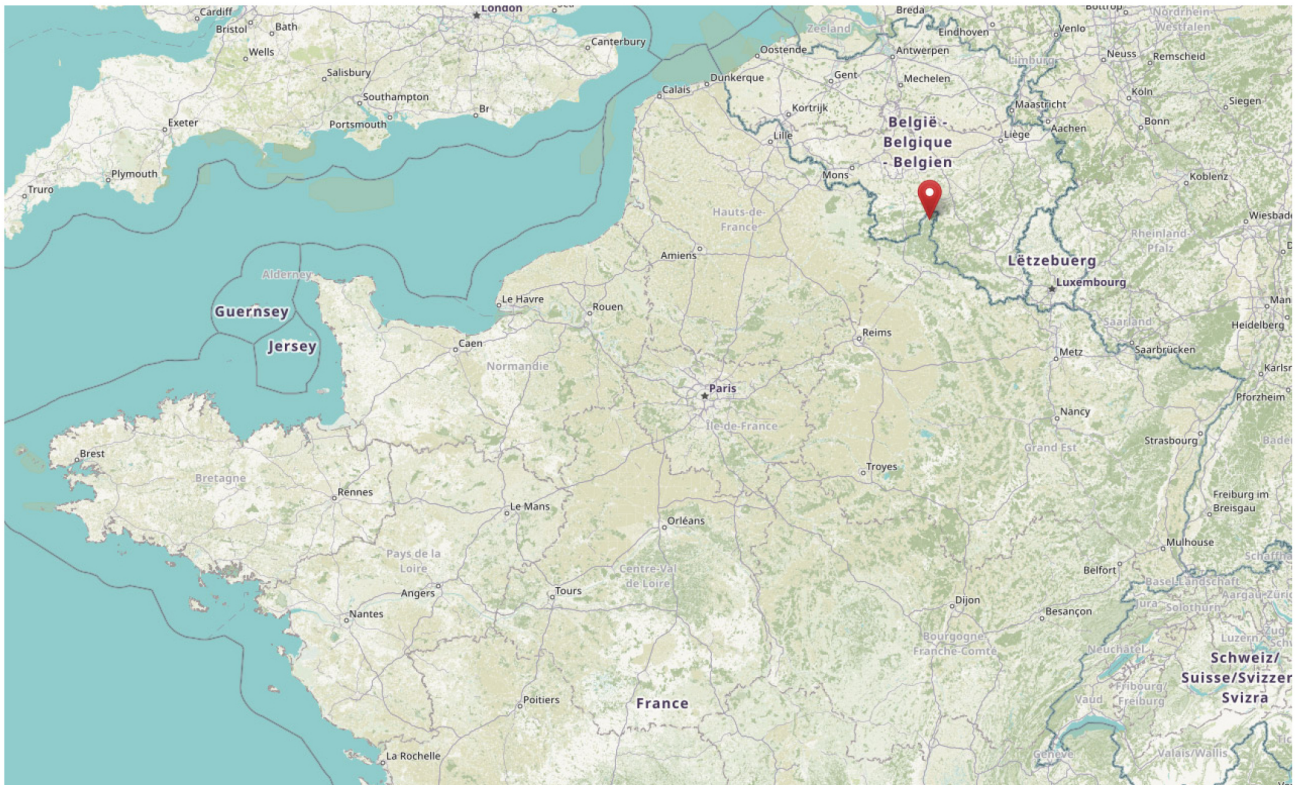
É fundamental, pois, que não apenas os gestores, mas também a população conheça os riscos e benefícios das diferentes formas de geração de energia. Só assim podem apoiar políticas públicas adequadas para amparar a economia, sem prejuízo para pessoas e meio ambiente. Um caso curioso aconteceu na Bélgica. Com apoio popular, em 2003, foi proibida



**Figura 2.** Escola abandonada na região de Pripyat, cidade próxima ao reator de Chernobyl (foto do autor)

intermitente, assim como a eólica. O uso de baterias pode contornar esse problema, mas não pode ser considerado o impacto adicional no custo e na poluição, já que normalmente são baterias à base de compostos de chumbo.

Mas e os resíduos gerados pela energia nuclear? Eles não vão ficar para sempre? Sim e não. Existe tecnologia para reaproveitar os resíduos e gerar mais energia. Só não é feito, na maioria dos países, porque ainda é caro. E há



*Figura 3. Mapa da região da França e Bélgica, evidenciando a localização do reator nuclear francês EDF Nuclear Power Plant Chooz (9)*

a construção de novos reatores, fazendo com que boa parte da energia consumida no país tenha que ser importada de países vizinhos, como a França. O detalhe é que quase 70% da energia produzida na França é de origem nuclear, inclusive com um dos reatores posicionado tão próximo à Bélgica que, em caso de acidente, provavelmente a Bélgica seria a maior prejudicada (**figura 3**).

Enfim, energia nuclear, sozinha, não é a salvação do mundo. Mas é, sem dúvida, segura, limpa e confiável. Deve ser lembrada, considerada e planejada em projetos de expansão de matrizes energéticas, conjuntamente com outras formas limpas e renováveis, visando um futuro limpo e sem surpresas de abastecimento. Tenha medo de carvão óleo e gás, não de energia nuclear.

## REFERÊNCIAS

<sup>1</sup> Sovacool, B. K., Andersen, R., Sorensen, S., Sorensen, K., Tienda, V., Vainorius, A., ... & Bjørn-Thygesen, F. (2016). Balancing safety with sustainability: assessing the risk of accidents for modern low-carbon energy systems. *Journal of cleaner production*, 112, 3952-3965.

<sup>2</sup> Markandya, A., & Wilkinson, P. (2007). Electricity generation and health. *The Lancet*, 370(9591), 979-990. Available at: [http://doi.org/10.1016/S0140-6736\(07\)61253-7](http://doi.org/10.1016/S0140-6736(07)61253-7)

<sup>3</sup> Death rates from energy production per TWh - <https://ourworldindata.org/grapher/death-rates-from-energy-production-per-twh>

<sup>4</sup> Chernobyl: the true scale of the accident - <https://www.un.org/press/en/2005/dev2539.doc.htm>

<sup>5</sup> Japan earthquake and tsunami of 2011 - <https://www.britannica.com/event/Japan-earthquake-and-tsunami-of-2011>

<sup>6</sup> Vestas to install prototype of world's 'tallest and most powerful wind turbine' in 2022 - <https://www.cnn.com/2021/10/18/vestas-to-install-prototype-of-most-powerful-wind-turbine.html>

<sup>7</sup> Itaipu Binacional - <https://www.itaipu.gov.br/sala-de-imprensa/perguntas-frequentes>

<sup>8</sup> Our world in data - Electricity Mix - <https://ourworldindata.org/electricity-mix>

<sup>9</sup> OpenStreetMap - [www.openstreetmap.org](http://www.openstreetmap.org)

# O QUE É ENERGIA NUCLEAR?

A energia nuclear vem da liberação de calor a partir de reações nucleares de decaimento, fissão ou fusão de átomos. A energia de decaimento nuclear de átomos radioativos é usada em aplicações de menor escala, como em geradores termoelétricos para aplicações remotas, como em antigos equipamentos de sinalização viária na Sibéria ou espaciais, ou espaciais como na Voyager 2. A fissão nuclear é utilizada nos reatores nucleares de potência, navios e submarinos. Nesse caso, a reação de fissão aquece água, que, na forma de vapor, gira uma turbina onde a energia é convertida em elétrica. A geração de eletricidade a partir de reação de fusão não causa a formação de rejeitos radioativos, sendo assim ainda mais segura, porém, ainda não apresentou viabilidade comercial e continua sendo o foco de pesquisa internacional.



Além da energia, a tecnologia nuclear contribui rotineiramente em diversos setores da sociedade. Na medicina, radiofármacos como o Tc-99m são utilizados no diagnóstico de doenças, e o I-131, no tratamento de câncer de tireoide. Na indústria, processos de esterilização com radiação gama são amplamente utilizados em materiais cirúrgicos, alimentos e artefatos de patrimônio cultural por eliminarem microrganismos sem as consequências deletérias que outros métodos apresentam, como degradação, contaminação dos materiais ou redução de propriedades nutricionais. Vale ressaltar que o uso dessas técnicas não torna os materiais esterilizados radioativos.



# BJCHE

## BRAZILIAN JOURNAL OF CHEMICAL ENGINEERING

O Brazilian Journal of Chemical Engineering (BJChE) publica artigos sobre pesquisas básicas e aplicadas e inovação na área de Engenharia Química e áreas afins. O BJChE publica artigos originais, comunicações curtas e cartas ao editor. Artigos de revisão relatando discussões relevantes e conclusões de artigos publicados também são considerados para publicação.

São publicados trabalhos sobre pesquisa básica e aplicada, e inovação na área de Engenharia Química e áreas afins. O BJChE é propriedade da **Associação Brasileira de Engenharia Química (ABEQ)** e recebe trabalhos de autores do mundo todo.

Até 2019, o BJChE era publicado pelo Scielo, onde os artigos ainda estão disponíveis ([https://www.scielo.br/scielo.php?pid=0104-6632&script=sci\\_serial](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=0104-6632&script=sci_serial)). A partir de 2020, passou a ser publicado pela Springer (<https://www.springer.com/journal/43153>).

**SÃO APRESENTADOS A SEGUIR ALGUNS TRABALHOS SELECIONADOS QUE FORAM PUBLICADOS NAS EDIÇÕES DE SETEMBRO E DEZEMBRO DE 2021 E MARÇO DE 2022 NO BJCHE. A EDIÇÃO DE DEZEMBRO DE 2021 DO BJCHE FOI ESPECIAL COM TRABALHOS SELECIONADOS DO PSE-BR 2019.**

*de Souza, M.F., da Silva Bon, E.P. & da Silva, A.S. Production of cellulases and  $\beta$ -glucosidases by *Trichoderma reesei* Rut C30 using steam-pretreated sugarcane bagasse: an integrated approach for onsite enzyme production. Braz. J. Chem. Eng. 38, 435–442 (2021). <https://doi.org/10.1007/s43153-021-00114-5>*

O alto custo das celulases comerciais ainda dificulta a competitividade econômica da produção de combustíveis e produtos químicos a partir de biomassas lignocelulósicas. Esse custo pode ser reduzido pela produção *in loco* de celulases com o uso integrado da biomassa lignocelulósica como fonte de carbono. Esta abordagem integrada foi avaliada no presente estudo em que o bagaço de cana-de-açúcar pré-tratado a vapor (SPSB) foi utilizado como fonte de carbono para a produção de celulases

por *Trichoderma reesei* Rut C30. O uso de SPSB resultou em uma preparação enzimática com atividade de celulase de 1,93 FPU/mL. Além disso, uma atividade significativa de  $\beta$ -glicosidase, de 0,37 BGU/mL, foi alcançada em meio tamponado, o que não é uma característica comum dos sobrenadantes de cultura de *T. reesei*, indicando a importância do controle do pH durante a produção da enzima. A hidrólise do SPSB com a mistura feita em laboratório resultou em um rendimento de

glicose de 80%, que foi equivalente ao observado para experimentos de controle com enzimas comerciais. Foi demonstrado que o SPSB é uma fonte de carbono promissora para a produção de celulases e  $\beta$ -glicosidases por *T. reesei* Rut C30 e que a preparação enzimática obtida é eficaz para a hidrólise do SPSB sem a necessidade de suplementação de  $\beta$ -glicosidases, apoiando a abordagem integrada no local (on-site) para diminuir o custo da hidrólise enzimática da biomassa lignocelulósica.

---

*Leal, M.A., Monteiro, S., Silva, M.E.T. et al. Extraction of microalgae oil by organic solvents: experimental determination and modeling of liquid–liquid equilibria using vegetable oils mixture as a model system. Braz. J. Chem. Eng. 38, 629–638 (2021). <https://doi.org/10.1007/s43153-021-00118-1>*



# BJCHE

## BRAZILIAN JOURNAL OF CHEMICAL ENGINEERING

Este trabalho apresenta dados de equilíbrio líquido-líquido para sistemas formados por solventes orgânicos (acetona e dimetilsulfóxido) e uma mistura de óleos vegetais composta por óleos de palma e coco (MOPC). O MOPC representa o óleo bruto da microalga *Chlorellapyrenoidosa* como base para o estudo da extração líquido-líquido na etapa de refino do petróleo. Os

dados de equilíbrio para os sistemas MOPC + dimetilsulfóxido + acetona foram determinados em quatro temperaturas (293,15, 298,15, 308,15 e 318,15 K). Curvas binodais experimentais foram realizadas pela determinação do ponto de nuvem, mostrando uma diminuição da região bifásica com o incremento da temperatura. O modelo UNIQUAC foi utilizado para

correlacionar os dados experimentais, utilizando as propriedades do triacilglicerol da tripalmitina para representar a mistura de óleos vegetais. O desvio padrão entre os dados experimentais e calculados foi de 1,33%. A qualidade dos dados experimentais e parâmetros regredidos foram verificados analisando a energia de Gibbs da topologia da função de mistura.

---

*Santos, M.N.P., da Silva SáRavagnani, M.A. & Costa, C.B.B. Optimal integration of an Organic Rankine Cycle to a process using a heuristic approach. Braz. J. Chem. Eng. 38, 653–667 (2021). <https://doi.org/10.1007/s43153-020-00077-z>*

A integração energética entre processos tem sido uma das abordagens mais relevantes no campo da síntese de processos, permitindo um melhor aproveitamento da energia e gerando impactos ambientais e econômicos positivos em termos industriais. Uma vez que o Ciclo Rankine Orgânico (ORC) é um ciclo de potência indica-

do para o uso de calor de baixa qualidade como fonte de calor, este estudo visa integrar um ORC com fluxos de processo para utilizar o calor residual recuperado como fonte de calor para o ciclo. Foi proposta uma otimização termoeconômica em termos de potência líquida produzida e, por meio de um estudo de caso, obteve-

se uma melhoria de 6% na energia líquida específica sobre o melhor valor reportado na literatura utilizando n-hexano como fluido de trabalho. Para os fluidos de trabalho pentano e benzeno, foram obtidas melhorias de 4,7% e 8,5% em relação ao melhor valor de energia líquida específica apresentado até o momento.

---

*da Silva, P.R., Aragão, M.E., Trierweiler, J.O. et al. Application of linear and nonlinear mathematical programming to retrofit hydrogen networks. Braz. J. Chem. Eng. 38, 705–717 (2021). <https://doi.org/10.1007/s43153-021-00145-y>*

A gestão da rede de hidrogênio tem apelo econômico devido à sua importância nas refinarias de petróleo. Tornou-se genuinamente relevante devido às restrições de teor de enxofre nos combustíveis, que precisam de hidrogênio para ser removido. A programação matemática pode ser utilizada como ferramenta

para otimizar as redes de hidrogênio, e a gestão eficiente do hidrogênio dentro das refinarias pode ser alcançada por meio de um balanço material das unidades que compõem a rede de hidrogênio. Neste trabalho, um modelo de otimização Mixed-Integer Linear Programming (MILP) e Mixed-IntegerNonlinearProgramming

(MINLP) para redes de hidrogênio foi aplicado para minimizar os custos operacionais. O modelo de otimização foi desenvolvido em GAMS e validado usando um estudo de caso da literatura e um estudo de caso real de uma Refinaria Brasileira. O custo de operação foi reduzido em 10% e 19,6% com MILP e 9,7% e



# BJCHE

## BRAZILIAN JOURNAL OF CHEMICAL ENGINEERING

31,5% com MINLP, por exemplo 1 e 2, respectivamente. Comparando os resultados, ambos alcançam economias significativas nos custos operacionais. O modelo MILP, mais

fácil de resolver, provou ser uma ferramenta eficiente para otimizar as redes de hidrogênio. No entanto, a otimização via MINLP, apesar de não garantir a solução ótima, resul-

tou em menores custos operacionais e de capital. O projeto das redes otimizadas de hidrogênio também foi detalhado, e outras restrições extras foram impostas ao problema.

---

*da Silva, M.L.F., da Costa, A.O.S. & Huebner, R. Analysis of the temperature influence on thermophysical properties in the three-dimensional numerical modeling of heat transfer in human biological tissue in the presence of a cancerous tumor. Braz. J. Chem. Eng. 38, 823–836 (2021). <https://doi.org/10.1007/s43153-021-00144-z>*

O trabalho proposto consiste na análise da influência da temperatura nas propriedades termofísicas na simulação numérica computacional tridimensional da transferência de calor em tecido biológico humano na presença de um tumor. O tecido consiste em camadas de músculo, gordura e pele. O tumor foi considerado na camada muscular. O modelo de Pennes foi

usado para descrever a difusão de calor nos tecidos. Duas abordagens foram analisadas, uma com propriedades termofísicas constantes e outra com propriedades dependentes da temperatura. Além disso, foram analisados dois casos distintos, um em que o tumor já está desenvolvido e outro em que ainda está em fase de desenvolvimento. O perfil de temperatura

mostrou pequenas diferenças entre as abordagens; no entanto, a diferença do gradiente de temperatura é notável. O modelo com propriedades constantes tende a superestimar as temperaturas e subestimar os gradientes de temperatura. Em geral, quanto mais baixos os níveis de temperatura nos tecidos, maiores as diferenças entre as abordagens.

---

*Sella, C.F., Carneiro, R.B., Sabatini, C.A. et al. Can different inoculum sources influence the biodegradation of sulfamethoxazole antibiotic during anaerobic digestion?. Braz. J. Chem. Eng. 39, 35–46 (2022). <https://doi.org/10.1007/s43153-021-00178-3>*

O sulfametoxazol (SMX) é um dos antibióticos mais frequentemente detectados em efluentes de estações convencionais de tratamento de efluentes, o que aumenta a preocupação com os possíveis impactos na biota aquática e na saúde pública quanto ao surgimento de bactérias resistentes a esse fármaco. Reatores anaeróbicos de leito fixo devem aumentar a biodegradação de antibióticos devido à formação de bio-

filme no reator. Neste contexto, este estudo avaliou a dinâmica da comunidade microbiana no biofilme de três fontes de inóculo retiradas de reatores de Manta Anaeróbia de Lodo (UASB) de fluxo ascendente para a biodegradação de SMX em reator de biofilme de leito estruturado anaeróbio (ASBBR) com: lodo de matadouro de aves (PS), lodo de cervejaria (BS) e lodo de esgoto doméstico (SS). O ASBBR atingiu

alta remoção de DQO (Demanda Química de Oxigênio) (> 84%) e rendimento de biometano (> 276 mLCH<sub>4</sub> g<sup>-1</sup> DQO removido) para todos os inóculos. A operação do biorreator com inóculo PS apresentou a melhor remoção de SMX (90 ± 5%), enquanto os inóculos BS e SS resultaram em remoção de 84 ± 6% e 70 ± 5%, respectivamente. Os perfis cinéticos de remoção de DQO e SMX indicar-



# BJCHE

## BRAZILIAN JOURNAL OF CHEMICAL ENGINEERING

am a ocorrência de biodegradaçãoo-metabólica da sulfonamida. A análise de biologia molecular mostrou que a comunidade microbiana do inóculo SS sofreu alterações significativas durante a operação do ASBBR para os domínios Archaea e Bacteria e a biomassa do PS apresentou maior

similaridade com o inóculo, indicando uma melhor adaptação do SMX, de acordo com o maior SMX remoção. Além disso, a diversidade do domínio Archaea (principalmente Methanosaeta e Methanosarcina) aumentou na biomassa após cada operação do reator em relação aos

inóculos brutos, indicando que a via metanogênica foi favorecida durante a digestão anaeróbia. Os resultados experimentais mostraram que a fonte de inóculo desempenha um papel importante na biodegradação de SMX durante o tratamento biológico de efluentes.

---

*Maquirriain, M.A., Neyertz, C.A., Querini, C.A. et al. Crude glycerine purification by solvent extraction. Braz. J. Chem. Eng. 39, 235–249 (2022). <https://doi.org/10.1007>*

Neste trabalho, é abordado um processo de remoção de matéria saponificável (ésteres metílicos de ácidos graxos (FAME), ácidos graxos livres, mono-, di- e tri-acilglicerídeos) de amostras de glicerina bruta industrial. A extração dessas impurezas com diferentes solventes é analisada em detalhes, utilizando éter dietílico, éter metil ter-butílico, FAME, tolueno, hexanos, 1-butanol e 1-hexanol. Hexano e biodiesel foram escolhidos como os principais candidatos

para serem utilizados neste processo. Verificou-se que é necessário adicionar água à glicerina bruta para remover eficientemente a matéria saponificável. A água aumenta a polaridade da fase e favorece a transferência das impurezas para a fase não polar, e os hexanos. O uso de FAME como solvente de extração requer o uso de temperatura mais alta do que quando se usa hexanos, níveis mais altos de adição de água e ajuste de pH antes da extra-

ção. A adição de 20% em peso de água, realizando a extração a 80°C com ajuste de pH em 3, e a separação por centrifugação representa um bom conjunto de condições de processo para extrair eficientemente a matéria saponificável da glicerina bruta. A análise UV-Vis mostrou-se muito útil no acompanhamento do processo de purificação, enquanto o FTIR realizado diretamente sobre a glicerina não tem sensibilidade suficiente para acompanhar a extração.

---

*Patel, S.K., Gupta, A.K. & Bade, M.H. Primary energy and exergy analysis of a spray dryer for the application of industrial effluents: a case study. Braz. J. Chem. Eng. 39, 251–272 (2022). <https://doi.org/10.1007/s43153-021-00197-0>*

Este estudo apresenta um modelo matemático baseado no balanço de massa, energia e exergia do spray dryer com sistema de recuperação de calor direto e híbrido. O sistema de secagem por pulverização é um processo de uso intensivo de energia; assim, uma

visão da análise de exergia ajuda a melhorar o desempenho geral do sistema, reduzindo as irreversibilidades no sistema de secagem por pulverização. Um estudo de caso industrial ilustra o modelo baseado em exergia proposto. Além disso, a análise paramétrica

exérgica é realizada variando a vazão de alimentação da polpa, a temperatura dos gases quentes, o teor de sólidos na alimentação e a temperatura do estado morto para determinar as melhores condições de operação com mínima irreversibilidade no sistema de seca-



# BJCHE

## BRAZILIAN JOURNAL OF CHEMICAL ENGINEERING

gem. A maior eficiência exergética do secador por pulverização com sistema híbrido de recuperação de calor é de 49,9% a 10 °C de temperatura de estado morto. Em comparação, o sistema de recuperação direta de calor tem o menor (19,17%) na temperatura do ar de secagem de 500 °C. A entrada de exergia é diretamente proporcional à vazão mássica de ar

quente/gases, portanto, observa-se que é menor para uma razão de recirculação de 70% de ar de exaustão/gases. O potencial de melhoria para sistemas de recuperação de calor direto e híbrido é obtido na faixa de 580–666 kJ/s e 740–700 kJ/s, respectivamente, mostrando que o processo de secagem tem grande potencial para melhorar o desempenho

exergético. Além disso, o sistema híbrido de recuperação de energia é considerado mais sustentável.

