



ABEQ Associação Brasileira
de Engenharia Química

*Revista Brasileira de
Engenharia Química*

Volume 30 | Numero 1 | 2014 | ISSN 0102-9843

A indústria química e o seu desenvolvimento no âmbito da engenharia

ARTIGO TÉCNICO

As Engenharias
Químicas e o
seu registro
profissional

ENTREVISTA

A importância e
o desenvolvimento
dos processos na
Indústria Química

NOTAS

Brasileiros são
premiados
em evento
internacional



Equipamentos para Cromatografia



TQ8040



Nexera - UHPLC



GC-2010 Plus



Quantificação de Baixíssimos Níveis de Enxofre



Analisador Transportável



Analisador de Bancada



Analisador On Line

Todos equipamentos XOS aqui apresentados são compatíveis com a ASTM D7039-13 e ASTM D2622. Essas normas regulamentam o método padrão para Enxofre na Gasolina, Diesel, Querosene de Aviação, Petróleo, Querosene, gasolina-etanol por comprimento de onda monocromático dispersivo de Raios X.



Equipamentos para Testes Catalíticos

Reatores Catalíticos:

- MA EFFI- Microactivity Effi
- MAT-ASTM D3907
- Four Runs Microactivity-Test

Plantas Piloto:

- Polimerização
- Extração Supercrítica (SCF)
- Gaseificação
- Reator de Agitação Contínua
- Projetos Customizados



Prezados(as) leitores(as),

Nesta edição especial da REBEQ, destacamos a profissão de Engenheiro Químico, com uma abordagem histórica das mais diversas áreas de atuação.

Com esta revista, encerramos o ciclo das publicações que foram desenvolvidas pela gestão da ABEQ nos últimos quatro anos sob minha responsabilidade.

Foram nove edições que abordaram os mais diversos temas: os novos desafios da Engenharia Química, química verde, gestão de projetos, engenheiras químicas, o desafio dos alimentos, novas fronteiras do aprendizado, petróleo do pré-sal e o gás de xisto e biocombustíveis.

Gostaria de agradecer o apoio incondicional de nossos colaboradores, que trouxeram artigos com profundidade técnica, opiniões pessoais, registros de eventos e publicações e temas polêmicos, os quais formaram um mix propositalmente construído para atingir os interesses dos mais diversos profissionais e pesquisadores.

Parabenizo a Secretaria da ABEQ, que teve um papel fundamental na logística tanto da construção da própria revista quanto da distribuição da mesma através do correio e da Internet. Estendo as felicitações aos membros da Diretoria, pelo apoio, e aos nossos parceiros que cuidaram da edição e da gráfica de nossas revistas.

Também meu obrigado aos nossos anunciantes, que acreditaram na seriedade, abrangência e compromisso das nossas publicações com a Engenharia Química.

Finalmente, registro meu agradecimento especial às nossas leitoras e leitores, que sempre nos apoiaram com sugestões de melhoria das publicações, com o carinho que nos deu força e entusiasmo para procurarmos pautas cada vez mais atuais e de interesse de nossa comunidade.

Uma boa leitura a todos. 🤝

Edson Bouer, diretor presidente da ABEQ





REVISTA BRASILEIRA DE ENGENHARIA QUÍMICA
Volume 30 • Número 1 • 2014 • 1º quadrimestre

GESTÃO 2012 - 2014

CONSELHO SUPERIOR

Carlos Eduardo Calmanovici, Eduardo Mach Queiroz, Fernando Baratelli Júnior, Flávio Faria De Moraes, Gerson De Mello Almada, Gorete Ribeiro De Macedo, Marcelo Faro, Milton Mori, Selene M.a.g. Ulson De Souza, Raquel De Lima C. Giordano, Marcelo Martins Seckler

DIRETORIA

Edson Bouer - Diretor Presidente
Gorete Ribeiro de Macedo - Diretora Vice-Presidente
Denise Mazzaro Naranjo - Diretora Vice-Presidente
Maria Cristina S. Nascimento - Diretora Vice-Presidente
Suzana Borschiver - Diretora Secretária
David Carlos Minatelli - Diretor Tesoureiro

REGIONAIS

Bahia

Luciano Sérgio Hocevar - Diretor Presidente
Ricardo de Araújo Kalid - Diretor Vice-Presidente

Pará

Pedro Ubiratan O. Sabaa Srur - Diretor Presidente
Fernando Alberto de Souza Jatene - Diretor Vice-Presidente

Pernambuco

Maurício A. Motta Sobrinho - Diretor Presidente
Láisse C. de A. Maranhão - Diretora Vice-Presidente

Rio de Janeiro

Ricardo Medronho - Diretor Presidente
Argimiro Resende Secchi - Diretor Vice-Presidente

Rio Grande do Norte

Ana Lúcia de Medeiros Lula da Mata - Diretora Presidente
Everaldo Silvino dos Santos - Diretor Vice-Presidente

Rio Grande do Sul

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

São Paulo

Maria Elizabeth Brotto - Diretora Presidente
Henrique José Brum da Costa - Diretor Vice-Presidente

Diretoria Convidada

Antonio J. G. Cruz - Danniell Luiz Panza - Eric Yuko Minami Taga - Hely de Andrade Júnior - João Bruno V. Bastos - Mayra C. Matsumoto - Paulo Takakura - Raquel Lemos Bouer - Reinaldo Giudici - Ricardo da Silva Seabra

Secretaria

Supervisora Administrativa: Bernadete Aguillar Perez
Secretária: Anderson Rogério da Silva

Secretaria Geral ABEQ

Rua Líbero Badaró, 152 - 11º andar - Centro
01008-903 - São Paulo - SP
Fone: (11) 3107-8747 - Fax: (11) 3104-4649
E-mail: abeq@abeq.org.br

REBEQ – REVISTA BRASILEIRA DE ENGENHARIA QUÍMICA

Editor Responsável

Edson Bouer

Capa

Shutterstock.com

A Revista Brasileira de Engenharia Química é uma publicação da ABEQ, registrada no INPI sob o número 1.231/0663-032.

De periodicidade quadrimestral a REBEQ tem circulação nacional, distribuída aos associados e profissionais da área de Engenharia Química.

A reprodução de seu conteúdo, total ou parcial, é permitida exclusivamente com menção à fonte.

Os artigos assinados e declarações de entrevistados são de inteira responsabilidade de seus autores.

Tiragem desta edição é de 3.000 exemplares.

Nesta Edição

Matéria de Capa 6

A indústria química e o seu desenvolvimento no âmbito da engenharia

Artigos 12

As Engenharias Químicas e o seu registro profissional

Análise da recuperação adicional de óleo em reservatórios de petróleo utilizando solução polimérica

Entrevista 31

A importância e o desenvolvimento dos processos na Indústria Química

Notas 32

Projeto Beta EQ

Brasileiros são premiados em evento internacional

INSCREVA-SE E PARTICIPE DO PRINCIPAL EVENTO
DO ANO VOLTADO À BIOENERGIA



2º BBEST

Conferência Brasileira de Ciência
e Tecnologia em Bioenergia

Brazilian BioEnergy Science and Technology Conference

De 20 a 24 de outubro de 2014



De caráter internacional e com a participação de palestrantes renomados, a conferência será um fórum de discussão sobre os principais avanços na área de bioenergia, incluindo aspectos tecnológicos, sociais, econômicos e ambientais relacionados à produção e uso de bioenergia

Oito minicursos serão ministrados no evento:

- melhoramento da cana-de-açúcar
- manejo agrícola da cana-de-açúcar
- produção de etanol no Brasil
- rotas bioquímicas para produção de etanol celulósico
- rotas termoquímicas para a produção de biocombustíveis
- biorrefinarias
- motores movidos a biocombustível
- sustentabilidade da produção de bioenergia.

Os participantes poderão realizar visitas técnicas à Usina São Manoel, em São Manoel; ao Centro de Tecnologia Canaveieira (CTC), em Piracicaba (SP), e ao Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE), em Campinas.

Pós-graduandos podem participar do BE-BASIC International Design Competition for Students, enviando o seu plano de inovação para a produção sustentável de produtos baseados em bioenergia. O autor da melhor proposta será premiado (R\$ 30 mil) e poderá colocar a sua ideia em prática

Para maiores informações, acesse
www.bbest.org.br

A indústria química e o seu desenvolvimento no âmbito da engenharia

por Felipe William

Um pouco sobre a história da indústria química no Brasil e no mundo

A origem da Indústria Química data dos primórdios do século XIX, época em que muitos dos princípios químicos já eram utilizados para a produção de bálsamos, colas, sabões e perfumes. Fazem parte da indústria química empresas que fabricam produtos industriais, como agroquímicos, polímeros, farmacêuticos, tintas etc. Materiais específicos, como carbonato de sódio e potássio, passaram a ter grande demanda devido ao crescente desenvolvimento industrial no que tangia à confecção de bens de

consumo, tais como vidro, sabão e têxteis. À medida que a Revolução Industrial foi avançando e se inseriu na produção maciça desses bens, muitos dos produtos naturais já conhecidos se tornaram insuficientes, e, nesse contexto, surgiram novos processos industriais para que algumas dessas matérias-primas pudessem ser produzidas. Nesses processos, estão incluídas reações químicas que resultam em uma nova substância, separações baseadas na carga iônica dos elementos, destilações, além de transformações por aquecimento ou por métodos diferentes. A indústria química engloba todo o processamento de matérias-primas, obtidas

muitas vezes por meio de mineração ou agricultura, podendo formar materiais de utilização imediata ou para uso futuro em outras indústrias. Esse período foi de muitas descobertas e elaboração de métodos utilizáveis em vários domínios, como a agricultura, e no desenvolvimento da tecnologia no ramo de tintas e vernizes. Muitas fábricas se estabeleceram na Europa, e, na segunda metade do século XIX, um novo campo científico dominou o mercado das tintas: o dos polímeros. Isso acarretou novas indústrias focadas na produção de resinas.

Marcos históricos da indústria química

Dentre algumas das principais conquistas relacionadas à indústria química, uma que se destacou notoriamente até o final do século XIX foi a invenção do Processo LeBlanc, que possibilitou a transformação do sal marinho em carbonato de sódio. Foi desenvolvido pelo químico francês Nicolas Leblanc e consistia na produção de sulfato de sódio a partir do cloreto de sódio. O processo se espalhou e foi utilizado em diversos países europeus; entretanto, em nenhum deles, encontrou força como na Inglaterra. O país chegou ao seu apogeu quando, na década de 1970, a produção inglesa (200 mil toneladas) era maior que a soma da produção de todos os demais países.

Infelizmente, o Processo LeBlanc tinha seus pontos fracos, e um deles era o fato de contribuir consideravelmente com



“ Fazem parte da indústria química empresas que fabricam produtos industriais, como agroquímicos, polímeros, farmacêuticos, tintas etc ”

danos ao meio ambiente. Devido à alta taxa de emissões nocivas, tornou-se alvo de grandes pressões por parte da população e pela legislação ministrante. Em 1861, com a criação do Processo Solvay, que não utilizava ácido sulfúrico e produzia apenas cloreto de cálcio (podendo ser descartado no oceano), este se mostrou melhor economicamente e, ao mesmo tempo, era menos poluente. Em 1920, foi decretada a falência da última usina utilizadora do Processo de LeBlanc.

Na segunda metade do século XIX, houve mais desenvolvimento no campo científico e, conseqüentemente, dos polímeros. Em 1888, a profissão de Engenheiro Químico foi reconhecida oficialmente. Apesar de o termo ter sido utilizado por muito tempo nos meios técnicos desde a década de 1880, não havia educação formal para esse profissional nesse período. O relatório de 1988 abriu formalmente as áreas de atuação da Engenharia Química a outras áreas, como Biologia, Matemática, Farmacêutica etc.

A evolução da indústria química no Brasil foi constante e, desde então, muitas multinacionais foram instaladas com foco principalmente no desenvolvimento petroquímico, agroquímico e farmacêutico. Dentre as principais, podemos citar a Shell, que inaugurou o primeiro posto de combustível no Rio de Janeiro, em 1914. Outra empresa que se estabeleceu de forma concreta no ramo farmacêutico é a Medley, hoje líder do mercado de genéricos desde 2002.



Dados econômicos sobre a indústria química brasileira

Hoje, no Brasil, os produtos químicos presentes em todos os segmentos da indústria de transformação, no consumo doméstico e na agricultura são obtidos principalmente por meio de matérias fósseis. Devido ao fato de nos últimos anos a demanda ter sido atendida por importações, a indústria química brasileira apresenta grande potencial de desenvolvimento, ocupando a nona posição no ranking de faturamento líquido da indústria química mundial. Segundo a Associação Brasileira de Indústria Química (ABIQUIM), os investimentos feitos atualmente são de grande porte, intensivos em capital e caracterizados por elevados prazos de maturação e extensa vida útil. Como resultado, os valores desses investimentos são representativos quando confrontados com os montantes despendidos na maioria dos outros segmentos industriais. No ano de 2009, chegou-se à conclusão de que a indústria química faturou US\$ 103,3 bilhões, porém, devido à crise econômica mundial,

deve-se levar em conta o estudo de 2008, segundo o qual o faturamento chegou a US\$ 122 bilhões.

Do faturamento líquido da indústria química brasileira no ano de 2012, foram obtidos os seguintes dados:

- produtos químicos de uso industrial: US\$ 71,2 bilhões;
- produtos farmacêuticos: US\$ 25,5 bilhões;
- fertilizantes: US\$ 17,1 bilhões;
- higiene pessoal, perfumaria e cosméticos: US\$ 14,3 bilhões;
- produtos de limpeza: US\$ 7,8 bilhões;
- defensivos agrícolas: US\$ 9,4 bilhões;
- tintas, esmaltes e vernizes: US\$ 4,3 bilhões;
- fibras artificiais e sintéticas: US\$ 1,3 bilhões;
- outros: US\$ 2,1 bilhões.

O futuro do Brasil como potencial líder no mercado

Dados como esses colocam o Brasil entre as dez maiores indústrias químicas do mundo, à frente de grandes potências, como França, Itália e Rússia. O que torna isso possível é o fato de que o país não é só um grande importador, mas também exportador de diversos



produtos químicos. O crescimento do setor químico observado nos últimos anos e a possibilidade de continuidade apresentam grandes desafios e imensas oportunidades para a indústria química. Esse ponto de vista é reforçado quando se nota que o crescimento do setor ocorre de forma mais intensa do que o da própria economia vista como um todo.

Para o coordenador do Grupo de Engenharia de Processos da Unidade de Petroquímicos Básicos do ABC, na Braskem, Reinaldo Antônio Cardoso, a indústria petroquímica brasileira se desenvolveu bastante nos últimos anos, principalmente em três aspectos, no caso da empresa onde atua:

- consolidação: como resultado da fusão de várias empresas na Braskem, que detém a maior parte do ramo petroquímico nacional atualmente;
- crescimento: com a implantação dos *revamps* da planta de São Paulo, construção da planta de

polipropileno em Paulínia e da planta de etileno verde em Triunfo;

- internacionalização: com a aquisição, pela Braskem, de ativos nos Estados Unidos e Europa e construção de um *cracker* no México.

Além disso, há alguns fatores essenciais que contribuíram consideravelmente para esse crescimento. “A necessidade de garantir a competitividade do negócio é a maior motivadora da mudança, pois provoca a necessidade de adquirir uma escala de produção, acesso a novas matérias-primas mais baratas (como o etano mexicano e o gás de refinaria) e a mercados muito mais diversificados”, ressalta o engenheiro.

Entretanto, esse não é um pensamento unânime, partilhado por todos os profissionais da área. Pedro Wongtschowski é engenheiro químico e escreveu o livro *A indústria química: riscos e oportunidades*. Para ele, a indústria química brasileira tem se desenvolvido muito abaixo da demanda

“Hoje, no Brasil, os produtos químicos estão presentes em todos os segmentos da indústria de transformação”

em relação ao que poderia alcançar. Em decorrência disso, parte crescente vem sendo atendida por importações. “A não realização de investimentos é causada pela baixa competitividade da indústria. As razões são conhecidas: falta de matérias-primas, custo de energia elevado, custo de investimento alto, logística prejudicada etc.”, afirma.

Para ambos, porém, o agente principal para que a indústria se desenvolvesse em solo nacional é um só: competitividade. “É necessária uma política clara para as matérias-primas, a qual garanta o acesso a nafta,

etano, GLP ou outras com preço justo e competitivo em relação ao mercado internacional”, assegura Reinaldo.

Constatados e superados os obstáculos que se opunham à realização de investimentos, elevou-se a formação bruta de capital fixo da economia brasileira de forma considerável. Entretanto, é preciso ter em mente o fato de que a concretização dessas oportunidades de investimentos depende, e muito, da criação e manutenção de uma série de condições adequadas, como infraestrutura, tributação, preços de energia etc. No caso da indústria química, especificamente, é necessário e essencial o acesso a matérias-primas em volumes e preços competitivos, problema este que se torna um dos maiores impedimentos para investimentos no setor. “Toda a comunidade empresarial, engenheiros químicos incluídos, deve lutar para restabelecer as condições que assegurem a capacidade de a indústria aqui estabelecida ser competitiva”, defende Pedro Wongtschowski.

O tamanho do desafio em relação ao desenvolvimento químico brasileiro

Quando falamos do tamanho do desafio, tendo em vista os dados de consumo doméstico de produtos

químicos, as projeções indicam um consumo doméstico de US\$ 260 bilhões no ano de 2020. As oportunidades para investir na indústria química no período entre 2010 e 2020 foram calculadas com base em dados do ano de 2008 e divididas em 5 camadas:

- o crescimento da economia, impulsionando a procura por produtos químicos;
- a recuperação da baixa demanda por produtos químicos;
- o desenvolvimento de uma base renovável para a indústria química em geral;
- o foco no aproveitamento químico e nas oportunidades oferecidas pelo pré-sal;
- o desenvolvimento e pesquisas paralelas com as melhores práticas.

Os investimentos derivados do crescimento da economia projetado para o período de 2010 a 2020 englobam tanto produtos químicos utilizados industrialmente como os demais segmentos (adubos e fertilizantes, defensivos agrícolas, fibras artificiais e sintéticas, higiene pessoal, perfumaria e cosméticos, produtos de limpeza, produtos farmacêuticos e tintas, esmaltes e vernizes). O cálculo desses investimentos se apoia nos seguintes argumentos:

- o aumento da demanda por produtos químicos corresponde, em média, a 1,25%, ou seja, conforme há

o aumento do ponto percentual do Produto Interno Bruto, há um aumento de 1,25% de crescimento no consumo de produtos químicos;

- para investimentos totalmente novos, há uma relação entre os volumes de capital e a produção dos segmentos de produtos químicos industriais para os segmentos químicos finais.

O segundo grupo de potenciais investimentos está associado à substituição de importações por exportações, revertendo o déficit comercial relacionado aos produtos químicos. O terceiro componente refere-se à criação de uma indústria de base renovável, com química verde e que possibilitará que o Brasil desempenhe papel de liderança nessa área. Há números estimativos de que, em 2020, a chamada química verde esteja presente em pelo menos 10% do conjunto de ofertas de produtos petroquímicos. Tendo em vista que serão realizados os investimentos necessários, pode-se dizer que o Brasil poderá deter uma fatia considerável da oferta total. Pesquisas mostram que existe uma grande variedade de produtos químicos os quais podem ser ou já estão sendo produzidos a partir de fontes renováveis e não afetam o meio ambiente de maneira prejudicial.

O salto de produção citado anteriormente requer um forte programa



“O engenheiro químico é um profissional versátil que pode trabalhar em diversas áreas, como projetos, produção, pesquisa, etc.”

de inovação. A adequação para o desenvolvimento de uma indústria química sustentável, e que aproveita as oportunidades apresentadas pelo pré-sal, exige pesquisas tanto em novos produtos como em processos avançados. Com base na experiência adquirida pela indústria, é possível prever que parte desse investimento será realizada em conjunto com instituições educacionais e de ciências da tecnologia, gerando um aglomerado de conhecimentos e ideias que vão além dos projetos já existentes.

A indústria química tem como grande e valiosa característica sua proximidade com o desenvolvimento tecnológico e empresas que investem em processos tecnológicos e científicos, como as petroquímicas e companhias de petróleo. Com forte estrutura, essas empresas têm conseguido tornar mais dinâmico os processos e suas linhas de produto. Em muitos casos, contam inclusive com reforços e financiamentos fornecidos por alguns instrumentos de políticas públicas, de caráter tanto estadual como federal. Para que a indústria química possa se desenvolver inteiramente em todo o seu potencial, é preciso também aprimorar o quadro geral que já existe atualmente, melhorando os processos de análise e a liberação dos créditos. A obtenção de crédito vem sendo ampliada nos últimos anos por meio de diversas formas, como a redução da taxa básica de juros e a expansão dos recursos do Banco Nacional



de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES).

Muitas das empresas químicas concorrentes de outras internacionais similares que atuam no mundo todo dispõem da obtenção de matérias-primas em larga escala, com baixo custo e não sofrem por deficiências no sistema de competitividade ou por impostos atribuídos às exportações. A possibilidade de aquisição de crédito adequado, quando se fala em volume e custo, poderia incentivar muitas empresas químicas a buscarem novos fluxos de exportação. As condições corretas para financiamento poderiam ajudar essas mesmas empresas a abranger escalas que se adequeiem aos padrões de competitividade da atualidade.

Fica claro que o futuro da indústria química é promissor, porém envolve uma série de fatores que devem ser levados em consideração se esse for o caminho a ser seguido. Para Pedro, a abrangência das áreas de atuação de um engenheiro químico é muito ampla e pode se desenvolver ainda mais com o passar dos anos. “Os engenheiros químicos podem

trabalhar em um grande conjunto de atividades: indústria de processos (química, refino, siderurgia, celulose, alimentícia, farmacêutica etc.) e na área de serviços (engenharia, manutenção, pesquisa e desenvolvimento etc.)”, acrescenta Wongtchowski. Já Reinaldo acredita que, para o futuro do engenheiro químico se estabelecer realmente, ainda é preciso certo tempo. “O engenheiro químico é um profissional versátil que pode trabalhar em diversas áreas, como projetos, produção, pesquisa, negócios, avaliação de riscos etc. Atualmente, o mercado não está muito aquecido em função do baixo crescimento industrial e das reavaliações de investimentos por parte de agentes importantes, como a Petrobras”, finaliza o coordenador de engenharia de processos. O caminho evolutivo é lento, demanda tempo, paciência e estratégia. Entretanto, com as ações corretas e investimentos assertivos, é possível enxergar um Brasil líder, forte e com muito mais independência comercial em relação aos outros países, no que diz respeito à indústria química em geral. 🇧🇷



CONGRESSO 2014

RESAG_ENQUALAB 14º



CADA
GOTA
CONTA

**SANEAMENTO E ABASTECIMENTO DE ÁGUA
E QUALIDADE EM METROLOGIA**

Cursos: 27 e 28 de outubro de 2014
Congresso: 29 e 31 de outubro de 2014

Local: Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos – ABIMAQ
Av. Jabaquara, 2925 – Planalto Paulista – 04045-902 – São Paulo/SP

Atenção!

Inscrições abertas
para submissão
trabalhos

DATAS IMPORTANTES

Envio do trabalho técnico completo: 15 de julho a 14 de setembro de 2014
Análise dos trabalhos técnicos: 01 a 15 de outubro de 2014
Envio do material para confecção do USB: 15 de outubro de 2014

- Gestão Pública e Privada de Recursos Naturais
- Qualidade e Sustentabilidade dos Recursos Hídricos
- Qualidade em Laboratórios
- Qualidade de Materiais usados para o Saneamento
- Processos de Saneamento e de Medição
- Dados Hidrometeorológicos e Previsão de Eventos Extremos – Enchentes, Inundações e Secas
- Ensaio e Calibração
- Recursos Hídricos, Captação, Gestão e Gerenciamento da Água
- Capacitação de Recursos Humanos
- Uso e Reuso da Água na Indústria, Agricultura e Construção Civil

- Recursos Hídricos – Geral e no Semi-Árido Nordeste
- Química Analítica, Materiais de Referência Certificados, Programas Interlaboratoriais, Ensaio de Proficiência, Gráficos de Controle, Validação de Métodos, Incertezas de Medição (Áreas da indústria farmacêutica, medicamentos, cosméticos, mineração, alimentos, manufatura mecânica, saúde, têxtil, couro, calçados, madeira e móveis, biocombustíveis e demais indústrias em que se aplicam os temas)
- Metrologia, Acreditação, Normalização, Avaliação da Conformidade, Certificação
- Projetos e Programas Governamentais e Privados em Ciência, Tecnologia e Inovação
- Redes Metroológicas Estaduais
- Sistema Brasileiro de Tecnologia – SIBRATEC
- Água para Consumo Humano – Legislação e Prática

Inscrições pelo site: www.resag.org.br/congressoresagenqualab2014

Promotores:



Patrocinadores:

Diamante



Ouro



Especial



Apoio:



Ministério da
Ciência, Tecnologia
e Inovação



Informações: Rede Metroológica do Estado de São Paulo - Remesp / Rede de Saneamento e Abastecimento de Água – Resag
Av. Paulista, 2200 - 9º andar - 01310-300 - São Paulo/SP - (11) 3283-1073 R. 28/29 - congresso@resag.org.br

As Engenharias Químicas e o seu registro profissional

Por Abraham Zakon¹ e Sergio de Jesus Alevato²

Parte 1 - Origens, visões e concepções das Engenharias Químicas

A criação do primeiro curso de Engenharia Química no MIT e as opções atuais

Em 1888, no *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), influenciado pelos desenvolvimentos das universidades alemãs e por uma série de palestras sobre as práticas operacionais das indústrias químicas britânicas apresentadas por George E. Davis na *Manchester Technical School* no Reino Unido, o Professor (de Química) Lewis M. Norton criou o *Course X*, que foi o primeiro currículo de Engenharia Química em quatro anos do mundo. Combinando Engenharia Mecânica com Química Industrial, o *Course X* foi concebido para "reunir as necessidades dos estudantes que desejassem um treinamento genérico na Engenharia Mecânica, e ao mesmo tempo para dedicar uma parte do seu tempo para estudar as aplicações da Química para as artes, especialmente os problemas de Engenharia relacionados ao uso e fabricação de produtos químicos" (CHEM E^a, 2013).

Em 1891, o Departamento de Química concedeu sete diplomas de Bacharel em Engenharia Química, o primeiro do seu tipo a ser conferido em qualquer lugar. Após o falecimento de Norton em 1893, o Professor Frank H. Thorpe conduziu o *Course X* a um reconhecimento popular crescente. O texto "*Thorpe's Outline of Industrial Chemistry*", publicado em 1898, é considerado um dos primeiros livros-texto na Engenharia Química. Esse trabalho cunhou a expressão "Química Industrial" para descrever os processos industriais aplicados na fabricação de produtos químicos, os quais foram intimamente associados com a Engenharia Química durante os 50 anos seguintes (CHEM E^a, 2013).

No início do século XX, William H. Walker modificou o currículo de tal modo que possibilitou distinguir a Engenharia Química como uma

profissão. E desenvolveu com seu discípulo Arthur D. Little a ideia das operações unitárias (aquelas transformações físicas básicas que compõem a variedade de processos industriais), um laboratório de pesquisas dedicado a Química Industrial e processos e uma Escola de Práticas de Engenharia Química. Até então, o *Course X* foi ministrado no Departamento de Química. Em 1920 foi criado o Departamento de Engenharia Química sob a chefia do Professor Warren K. Lewis. Três anos depois, Lewis, Walker e William H. McAdams e alguns dos seus alunos diplomados, desenvolveram o livro-texto intitulado "*Principles of Chemical Engineering*" que quantificou as operações unitárias e deu aos engenheiros químicos as ferramentas para analisar processos químicos (CHEM E^a, 2013).

Em 1907, o MIT tornou-se a primeira escola a conceder o título de *Ph.D.* de Engenharia Química. Desde aquela época, o Departamento de Engenharia Química liderou a nação (E.U.A.) na formação de pós-graduados (CHEM E^a, 2013).

Atualmente, o Departamento de Engenharia Química do MIT oferece quatro programas de graduação (CHEM E^b, 2013):

Curso 10: Bacharel em Ciência na Engenharia Química – envolve aplicações em áreas específicas, incluindo energia e ambiente, nanotecnologia, polímeros e colóides, ciência da superfície, engenharia de reações químicas e catálise, projeto de sistemas e processo, e biotecnologia, envolvendo um núcleo de assuntos de (ciências da) Engenharia Química com uma ênfase em Química.

Curso 10B: Bacharel em Ciência na Engenharia Química Biológica – destina-se aos interessados nas áreas de tecnologias bioquímicas e biomédicas. Demanda disciplinas do núcleo básico de Engenharia Química e tópicos adicionais de Biologia Básica e Aplicada. Constitui uma preparação para estudantes de Engenharia Biomédica e Escola de Medicina.

Curso 10 ENG: Bacharel em Ciência na Engenharia com

Concentração – inclui várias disciplinas do núcleo da Engenharia Química tradicional e estudos específicos de áreas relevantes, oferecendo uma oportunidade de especialização técnica numa das quatro áreas de concentração: energia, engenharia biomédica, projeto e processamento de materiais, e, ainda, estudos ambientais.

Curso 10 C: Bacharel em Ciência – é uma escolha sem especificação, sem acreditação e com menores requisitos de temas da Engenharia Química, atende os alunos que se especializam numa área acadêmica diferente (como Biologia, Engenharia Biomédica, Economia e Gestão) enquanto estudam os princípios e temas básicos da Química e da Engenharia Química.

Além de Ciências e Engenharia, os estudantes participam de sequências integradas de temas sobre Humanidades e Ciências Sociais, o que os encoraja para suas áreas de interesse individual (CHEM E^c, 2013) e os prepara para atuar na indústria ou no serviço público, para a pós-graduação ou, ainda, para a Medicina e os campos da Ciência e Tecnologia da Saúde, capacitando-os para escolas de medicina e atividades específicas para Engenharia Biomédica (CHEM E^b, 2013).

Antecedentes franceses do advento da Engenharia Química

Strauch (2010), em sua tese de doutorado, relatou que a *École Centrale des Arts et Manufactures*, hoje *École Centrale de Paris*, fundada em 1829, formava engenheiros civis em quatro especialidades: construção, mecânica, metalurgia e química". Constatou que "ela influenciou as estruturas e as grades curriculares da educação em Engenharia em muitas instituições, como a *École des Arts, Manufactures et Mines*, em Liège na Bélgica e o *Massachusetts Institute of Technology em Cambridge (Mass.)*, nos Estados Unidos da América, a *Technische Hochschule Karlsruhe (1825)*, a *Polytechnische Schule Stuttgart*

(1840), na Alemanha e a Eidgenössische Polytechnische Schule Zürich (1855) na Suíça”.

No Brasil, a reforma do ensino da Engenharia determinada pelo Decreto nº 2.116, de 1º de março de 1858, determinou que a *Escola Militar de Engenharia* passasse a se denominar *Escola Central*, destinada ao ensino das Matemáticas e Ciências Físicas e Naturais, além das doutrinas próprias da Engenharia Civil, sendo o nome claramente inspirado na instituição francesa (STRAUCH, 2010).

Strauch (2010) também constatou que os primeiros engenheiros químicos brasileiros (oito), graduaram-se entre 1842 e 1878, na *École Centrale des Arts et Manufacture*, com o título de Engenheiros Civis, modalidade Química.

Origens e ofertas dos cursos de Engenharia Química no Brasil

Na primeira metade do século XX, existia apenas um tipo de diploma de Engenheiro Químico (pleno) no Brasil. Também foram criadas a Engenharia Metalúrgica (e de Materiais) e a Engenharia de Alimentos, que constituem grandes especialidades da Química Aplicada. Hoje, existem vários diplomas de graduação de Engenharia Química aceitos no mercado de trabalho e nos Conselhos Profissionais, que antes eram órgãos diretamente subordinados ao Ministério do Trabalho e hoje são autarquias especiais federais, dotados de personalidade jurídica de direito público, autonomia administrativa e patrimonial.

No Brasil, o primeiro curso de graduação em Engenharia Química foi criado em 1925 na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EP-USP) e resultou da evolução de três outros cursos: o de *Engenheiros Industriais*, ministrado de 1893 a 1926, em que se formaram 27 engenheiros, o de *Químicos*, oferecido no período de 1918 a 1928, que graduou 9 profissionais, e o de *Químicos Industriais* que, de 1920 a 1935, formou 34 profissionais (DEQ-EPUSP, 2013).

O curso de Química Industrial foi também o precursor do curso de Engenharia Química da Escola Nacional de Química da Universidade do Brasil (ENQ-UB) em 1952, cuja estrutura didática perdurou até os anos 80. Em 1991, por influência dos Encontros Brasileiros de Ensino de Engenharia Química (ENBEQs), reduziu-se e substituiu-se a carga horária das Químicas e Físicas no Ciclo Básico da atual Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro (EQ-UFRJ) por outras de Matemática, Computação e Cálculos de Balanços e Processos, excluindo os alunos da visão laboratorial das Químicas Analíticas, indispensável para a compreensão de fenômenos explorados pelos processos químicos industriais envolvendo recursos minerais. Em 2004, sofreu modificações de conteúdo e duração para ser equiparado com os cursos de Engenharia Química, o que incentivou vários alunos a migrarem para os cursos de Engenharia Química, pois o tempo de curso é de cinco anos.

Os cursos brasileiros de Engenharia Química foram criados em dois ambientes acadêmicos

distintos - as Escolas de Química e as Escolas Politécnicas - e isso influenciou, também, nas concepções do Conselho Federal de Química (CFQ-CRQs) e do Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia (CONFEA-CREAs). A Química é a ciência central que caracteriza um elenco de vários cursos de graduação da UFRJ (Figura 1).

Nos últimos anos foram criados cursos de graduação em Nanotecnologia (ou tecnologia em escala micrométrica) para acompanhar o desenvolvimento tecnológico de países do Hemisfério Norte. Não se pensou no mercado de trabalho fora das universidades e nos conselhos profissionais. As escalas micrométricas e nanométricas das substâncias, dos cristais e das moléculas são acessíveis e compreensíveis pelo uso de sofisticados aparelhos e equipamentos de análise instrumental, nem sempre desenvolvidos e construídos no Brasil. As nanotecnologias são especialidades de mestrado e doutorado para graduados amadurecidos com as escalas naturais, laboratoriais e industriais vinculadas aos cursos plenos em Química, Física, Geociências, Biologia e Engenharias. Em geral, as engenharias transformam ciências em tecnologias (ZAKON, SZAINBERG e NASCIMENTO, 2001). Portanto, as nanotecnologias representam produtos que dependem da base conceitual e prática das engenharias. E os nanotecnólogos em formação dependerão de uma desconhecida ancoragem jurídico-profissional para exercer suas profissões.

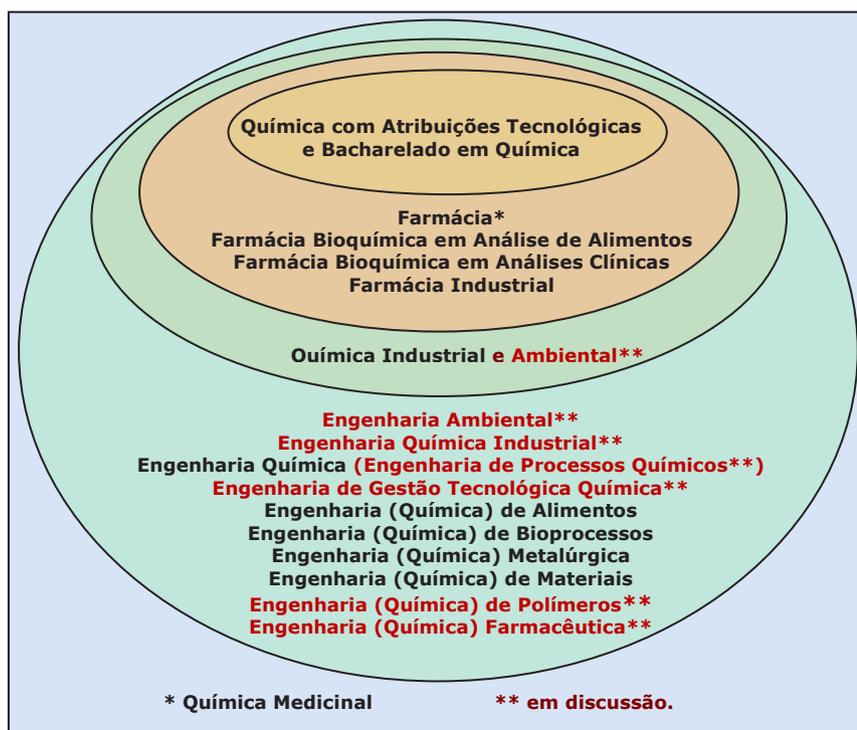


Figura 1 – Cursos de graduação embasados em Química existentes e propostos na UFRJ

Grande parte dos cursos de Engenharia Química no Brasil é oferecida por escolas ou institutos de Química e departamentos específicos, ligados aos centros de ciências exatas ou centros de tecnologia das universidades. Outra parte é oferecida por departamentos internos às escolas politécnicas ou de Engenharia. No Rio de Janeiro, alguns cursos de Engenharia Química são oferecidos pela Escola de Química da UFRJ, pelo Instituto de Química da UERJ, pelo Departamento de Química do Centro de Ciências Exatas da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RJ), pelo Departamento de Engenharia Química do Instituto de Tecnologia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ). Na Universidade Federal Fluminense (UFF), o Departamento de Química está ligado à Escola de Engenharia. O Instituto Militar de Engenharia (IME) tem seu Departamento de Engenharia Química. Outros cursos estão integrados às Escolas de Engenharia (ALEVATO, 2005).

Bases conceituais da disputa pelo registro de engenheiros químicos no Brasil

Desde a década de 1930, a definição do *American Institute of Chemical Engineers – AIChE* é a de que “a Engenharia Química é o ramo da Engenharia relacionado com o desenvolvimento e a aplicação de processos de transformação em que estão envolvidas modificações químicas e algumas alterações físicas de materiais” (ALEVATO, 2005).

Foust, Wenzel, Clump, Maus e Andersen (1980) transcreveram a definição de Engenharia Química oriunda da *Constitution of the American Institute of Chemical Engineers (AIChE)*, que menciona “... a aplicação dos princípios das ciências físicas, juntamente com os princípios da economia e das relações humanas, aos campos que são diretamente pertinentes aos processos e aos equipamentos de processos nos quais se tratam substâncias, visando a provocar modificações de estado, de energia

ou de composição...”. Consideraram textualmente “tal definição, bastante vaga e intencionalmente ampla e indefinida, pois realça o processo e os equipamentos de processo. Possivelmente, será tão satisfatória quanto qualquer outra definição apresentada por um engenheiro químico prático. Deve-se observar que se realçam, de forma considerável, os processos e os equipamentos de processo. O trabalho de muitos engenheiros químicos seria denominado, com maior propriedade, de *engenharia de processo*.”

Assim exposto, o engenheiro químico é um profissional capaz de abordar e resolver problemas de Engenharia, nos quais os aspectos químicos e físico-químicos são os mais relevantes, tanto em termos de processo, quanto de produto (PORTO, 2000 – *apud* ALEVATO, 2005).

Porém, o registro e a fiscalização profissional dos profissionais das Engenharias Químicas são disputados juridicamente por duas entidades no Brasil: o Conselho Federal de Química (CFQ) e o Conselho Federal de Engenharia,

Arquitetura e Agronomia (CONFEA, atualmente sem os arquitetos).

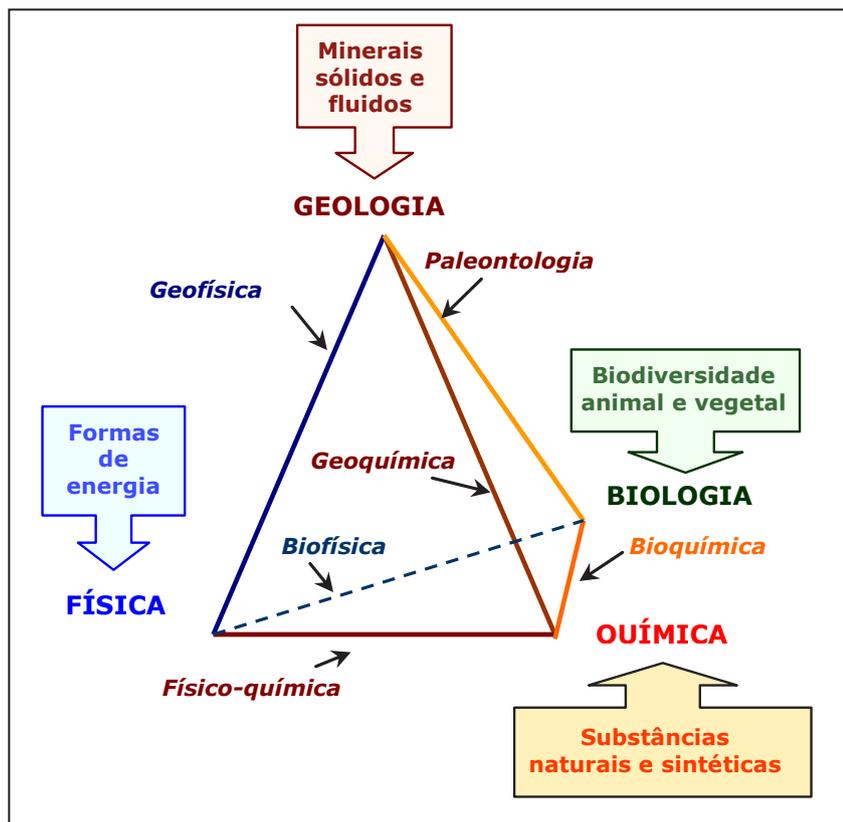
O CONFEA criou em dezembro de 1998 um *GT Química*, adotando as Ciências Físicas como referência básica da Engenharia. Seu relator, Conselheiro Federal Prof. Cezar Wagner de A. Thober (2013), considerou que, “do ponto de vista formal, a definição de Engenharia Química é o ramo da Engenharia que trata das aplicações dos princípios e demais decorrências das ciências físicas, da economia e das relações humanas ao processo onde a matéria sofre transformações de conteúdo energético, estado físico ou composição, tudo isto com o fim de atender as necessidades ou as aspirações humanas”. No entanto, essa definição é uma versão da descrita pelo *AChE*. Dessa forma, o CONFEA julgou as “Ciências Físicas” como sinônimas de “todas as Ciências Naturais que tratam do mundo palpável ou físico, tais como a Física propriamente dita, a Química, a Biologia, a Mineralogia, etc.”

No entanto, a Academia Brasileira de Ciências (ABC) congrega desde 1916 os mais eminentes cientistas nas Ciências Matemáticas, Físicas, Químicas, da Terra, Biológicas, Biomédicas, da Saúde, Agrárias, da Engenharia e Sociais (ABC, 2009-2013). A Química é a ciência que estuda as substâncias de origens mineral e biológica: suas estruturas, suas propriedades e as reações (químicas) que as transformam da condição de reagentes para produtos. Essa definição de Química é simultaneamente muito restrita e muito ampla, porque o profissional da Química, ao estudar substâncias, também precisa estudar energia radiante – luz, raios-X e ondas hertzianas – e sua interação com as substâncias. É muito ampla porque as demais Ciências Naturais (Física, Biologia e Geociências) podem nela ser incluídas (adaptado de PAULING, 1992).

A Química, pode ser definida como “... a Ciência que tende a favorecer o progresso da humanidade, desvendando as leis

naturais que regem a transformação da matéria; a tecnologia química, que dela decorre, é a soma de conhecimentos que permite a promoção e o domínio dos fenômenos que obedecem a essas leis...” (CFQ, 1970).

É necessário considerar, ainda, que “... a Física é em muitos sentidos a mais fundamental das Ciências Naturais (Figura 2), e é também aquela cuja formulação atingiu o maior grau de refinamento” (NUSSENZVEIG, 1992). As Ciências Físicas são descritas por Novais e Magalhães (1976) como “preocupadas com o universo físico, tanto a Química quanto a Física estudam a matéria, e por esse motivo, interpenetram-se em alguns pontos. Mas suas áreas são bem definidas: para a Química interessam a composição da matéria e as reações entre as várias formas de matéria; já a Física ocupa-se da relação existente entre a matéria e a energia”.



Fonte: Zakon e Strauch, 2005 (adaptado de Howell, 1959).

Figura 2 - Ciências e recursos naturais essenciais às indústrias químicas

Percepções sobre a formação e atuação dos engenheiros químicos

Cremasco (2005) descreveu a Engenharia Química como “o ramo da Engenharia envolvido com processos, em que as matérias-primas sofrem modificações na sua composição, conteúdo energético ou estado físico, por meio de processamento, no qual os produtos resultantes venham a atender a um determinado fim. A essência da Engenharia Química, segundo Scriven (1987) está na concepção ou síntese, no projeto, teste, *scale-up*, operação, controle e otimização de processos químicos que mudam o estado e a microestrutura, mais tipicamente a composição química, de materiais por meio de separações físico-químicas, tais como destilação, extração, adsorção, cristalização, filtração, secagem e por reações químicas, incluindo bioquímicas e eletroquímicas”. Olvidando as reações termoquímicas (pirometalúrgicas e cerâmicas, ele destaca que ... “o engenheiro químico, originalmente, foi concebido para atuar exclusivamente na Indústria Química, diferenciando-se de um químico por trabalhar com transformações em nível macroscópico, larga escala e operações contínuas”. E acrescenta: “... hoje em dia, a sua formação que combina princípios da Matemática, Química, Física e Biologia, com ciências e técnicas da Engenharia, permite que o engenheiro químico resolva problemas relacionados a projeto, construção e operação de instalações (plantas), onde ocorre praticamente qualquer tipo de transformação de materiais em níveis moleculares ou macroscópicos, em pequena ou larga escala e em operações contínuas ou em batelada”.

O MIT *Chemical Engineering Department* (CHEM E, 2013) destaca: “*We put molecules to work*”. E acrescenta: A Engenharia Química ocupa uma posição única na interface entre as ciências moleculares e a Engenharia. Está intimamente ligada com as matérias fundamentais da Química, Biologia, Matemática e Física em colaboração próxima entre disciplinas afins da Engenharia tais como Ciência dos Materiais, Ciência da Computação, e

Engenharias Mecânica, Elétrica e Civil.

A *Union Nationale des Associations Françaises d'Ingenieurs Chimistes (UNAFIC)* agrega ex-alunos de Engenharia Química, diplomados pelas 19 Escolas Francesas de Química e Engenharia Química da Federação Gay-Lussac e pelas escolas generalistas (politécnicas), e considera que o engenheiro químico atua “em todo lugar, porque a Química é universal; investiga, descreve, estuda as leis da matéria e da vida; busca *compreender* e explicar os fenômenos da natureza; permite *innovar e criar*, por meio das transformações da matéria e da vida respondendo às necessidades atuais e futuras, e, através da engenharia de processos, *pesquisa e desenvolve*, assegurando a realização industrial dos produtos (adaptado de UNAFIC, 2013).

A Química baseia-se metodologicamente na experimentação. Constitui uma escola de aprendizagem sobre o (mundo) concreto. Contribui para o progresso e o bem-estar do homem pela criação de novas estruturas e substâncias (moléculas, cristais, polímeros, nanomateriais). Está presente em vários itens da vida cotidiana (microprocessadores, princípios ativos farmacêuticos, cosméticos, vestuário.), sendo indispensável. Os engenheiros químicos são, frequentemente, pesquisadores, criadores, pedagogos, e industriais (adaptado de UNAFIC, 2013).

Parte 2 – A legislação para as Engenharias Químicas

A regulamentação profissional da Engenharia Química no Brasil

O reconhecimento governamental e jurídico em âmbito federal no Brasil sobre a importância da Engenharia Química foi descrito por Alevato (2005) que enumerou os seguintes instrumentos legais.

i - O primeiro documento regulatório sobre o exercício da profissão de Químico no Brasil é o Decreto nº 24.693 de 12/07/1934, que em seu artigo 2º assim se refere à

Engenharia Química: “Art. 2º – O exercício da profissão de químico compreende: ... d) engenharia química”.

ii - O Decreto-Lei nº 5.452 de 01/05/1943 da Presidência da República, instituindo a *Consolidação das Leis do Trabalho (CLT)*, dedica a Seção XIII, do Título III, Capítulo I, exclusivamente aos Químicos, e revoga o Decreto nº 24.693 de 1934. Assim, o Artigo nº 325 da CLT especifica: “É livre o exercício da profissão de químico em todo o território da República, observadas as condições de capacidade técnica e outras exigências previstas na presente Seção: a) aos possuidores de diploma de químico, químico industrial, químico industrial agrícola ou engenheiro químico, concedido, no Brasil, por escola oficial ou oficialmente reconhecida. Além disso, no seu Artigo nº 334, *ênfatisa*: “O exercício da profissão de química compreende: ... d) a engenharia química”.

iii - O Decreto-Lei nº 5.452/1943 incumbiu como órgão fiscalizador do exercício profissional da Química o Departamento Nacional do Trabalho do Ministério do Trabalho e Previdência Social, o qual estendia essa função a outras categorias profissionais, pois ainda não haviam sido criados os Conselhos das Profissões Regulamentadas tais como existem hoje.

iv - O Decreto-Lei nº 8.620 de 10/01/1946 da Presidência da República dispõe sobre a regulamentação do exercício das profissões de engenheiro, arquiteto e agrimensor, regida pelo Decreto nº 23.569 de 11/12/1933, que criou o Conselho Federal de Engenharia e Arquitetura e seus Conselhos Regionais. Apenas no seu Artigo nº 16, o Decreto-Lei autoriza o Conselho Federal de Engenharia e Arquitetura a estabelecer as atribuições, entre outros, dos engenheiros químicos. Dessa forma, na década de 1950, alguns engenheiros químicos registraram-se nos CREA's, antes da promulgação da Lei nº 2.800/1956.

5º - Em 18 de junho de 1956 foi promulgada a Lei 2.800 que criou os Conselhos Federal e Regionais de Química e regulamentou a profissão do químico. No seu Artigo 1º, a Lei 2.800 transferiu o poder de fiscalização sobre o exercício da

profissão de químico para os Conselhos de Química e manteve em vigor toda a regulação profissional definida no Decreto-Lei nº 5.452/1943 (CLT).

Assim, no caso brasileiro, na sequência lógica do processo de formação profissional e dos diplomas legais, no caso da Engenharia Química, a Química configura o aspecto predominante e o Engenheiro Químico passa a ser conceitualmente definido, conforme a lei, como Químico.

A regulamentação curricular da graduação de Engenharia Química

Em 1930, foi criado o Ministério da Educação e Saúde Pública. Em 1931, foi instituída a *Reforma Francisco Campos* que incluiu os Decretos de 11 de abril, a saber: nº 19.850 (criando o Conselho Nacional de Educação e os Conselhos Estaduais de Educação, que só operaram em 1934), nº 19.851 (que instituiu o “Estatuto das Universidades Brasileiras”, definindo a organização do ensino superior no Brasil), e nº 19.852 (que delineou a organização da Universidade do Rio de Janeiro, precursora da Universidade do Brasil e da Universidade Federal do Rio de Janeiro). Em 18 de abril de 1931, foi

acrescentado o Decreto nº 19.890, sobre a organização do ensino secundário. Em 30 de julho de 1931, o Decreto nº 20.158 organizou o ensino comercial e regulamentou a profissão de contador. O Decreto nº 21.241, de 14 de abril de 1932, consolidou as disposições sobre o ensino secundário (BELLO, 1998).

O Decreto nº 19.851/1931 consagrou os cursos de ensino superior de *Engenharia Industrial Metalúrgica* e *Engenharia Industrial Química* como indiscutivelmente vinculados à Química Industrial e precursores da *Engenharia Química*, por meio de diversas disciplinas apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Disciplinas de Engenharia Industrial Metalúrgica e Química relacionadas no Decreto nº 19.851/1931

Curso de graduação	Disciplinas típicas da Química Industrial e das Engenharias Químicas (atuais e futuras)
Engenharia Industrial Metalúrgica e Química (5 anos)	Química inorgânica, Química orgânica e elementos de Bioquímica, Química Analítica, Química Industrial, Geologia Econômica e Noções de Metalurgia, Hidráulica teórica e aplicada, Materiais de Construção e Tecnologia e Processos Gerais de Construção, Bombas e Motores Hidráulicos, Resistência dos Materiais. Física Industrial; Termodinâmica. Motores Térmicos; Organização das Indústrias, Metalurgia com desenvolvimento da Siderurgia, Química Física e Eletroquímica, Química Tecnológica e Analítica,
Farmácia (3 anos)	Física aplicada à Farmácia, Microbiologia, Química Analítica, Química Toxicológica e Bromatológica, Farmácia Galênica, Farmácia Química, Farmacologia, Higiene e Legislação Farmacêutica, Química Industrial Farmacêutica. Química Orgânica e Biológica

O curso de Engenharia Química, criado em 1925, sofreu alterações substanciais de sua estrutura em 1931, 1932, 1940, 1955, 1963 e 1970. Em 1969, com a implantação da reforma universitária na USP, foram criados os institutos básicos de Matemática, Física e Química e, com isso, as disciplinas correspondentes foram transferidas para esses institutos, ficando no departamento apenas as disciplinas relativas a Fundamentos de Engenharia Química, Química Industrial e Bioquímica Industrial. Com todas essas alterações, estabeleceu-se um novo currículo, que foi sendo implementado até 1974. Nos anos seguintes, fizeram-se mais reformas no curso, procurando adequá-lo às necessidades industriais da época (DEQ-EPUSP, 2013).

A Escola Nacional de Química criou seu curso de Engenharia Química em 1952 com base no curso de Química Industrial, criado em 1933, incorporando os conhecimentos de Termodinâmica, Operações Unitárias, Cinética dos Reatores Químicos, Teoria de Controle de Processos, Eletrotécnica, Mecânica dos Materiais, Desenho Técnico e Engenharia Bioquímica. Na Praia Vermelha, quase metade das aulas da graduação de Engenharia Química incluía práticas laboratoriais, incluindo o ensino equilibrado das Matemáticas, Físicas e Químicas. Seus egressos obtinham aprovação majoritária nos concursos da Petrobras. O curso atendia ao mercado de trabalho: indústrias, firmas de Engenharia e órgãos públicos.

A grade curricular de Engenharia Química, de modo geral, até os anos 80, compreendia como disciplinas, ou tópicos destas, os *conteúdos das operações unitárias e das chamadas conversões químicas*, além de matérias como, *Eletrotécnica, Resistência dos Materiais, Economia e Projetos de Processos da Indústria Química e da Indústria de Fermentação* e daquelas constantes do ciclo básico, comum ao curso de Química Industrial, como, *Química Geral, Analítica, Inorgânica e Orgânica, Físico-Química, Física, Matemática*, de acordo com os ditames do Conselho Nacional de Educação e com a Resolução Ordinária nº 1.511 de 12/12/1975 e a Resolução Normativa nº 36 de 14/11/73, ambas do Conselho Federal de Química. Com o advento da Computação, ocorreram mudanças curriculares (Figura 3).

1ª FASE DAS ENGENHARIAS QUÍMICAS – ANTES DA COMPUTAÇÃO

ENGENHARIA ≅ **FÍSICAS + MATEMÁTICAS +
DESENHO + ELETROTÉCNICA + RESISTÊNCIA DOS MATERIAIS**

QUÍMICAS = **INORGÂNICA + ORGÂNICA + BIOQUÍMICA + FÍSICO-QUÍMICA +
MICROBIOLOGIA INDUSTRIAL**

ENGENHARIA QUÍMICA CLÁSSICA = **(MUITA) ENGENHARIA + (MUITAS) QUÍMICAS.**

2ª FASE DAS ENGENHARIAS QUÍMICAS – APÓS O ADVENTO DOS MICROCOMPUTADORES

ENGENHARIA QUÍMICA COMPUTACIONAL = **FÍSICAS + (POUCAS) QUÍMICAS +
FÍSICO-QUÍMICAS + OPERAÇÕES UNITÁRIAS +
CIÊNCIA E SELEÇÃO DOS MATERIAIS +
(POUCOS) PROCESSOS QUÍMICOS INDUSTRIAIS +
(MUITA) MODELAGEM + COMPUTAÇÃO + SIMULAÇÃO**

Fonte: Zakon, I Ciclo de Debates do DAEQ-UFRJ, 2009

Figura 3 – Conteúdo dos cursos de graduação de Engenharia Química na Escola de Química da UFRJ

Instituições envolvidas com o ensino e a profissão de engenheiro químico

Desde a sua criação, o Sistema CFQ/CRQs congrega representantes das associações profissionais, dos sindicatos e das universidades e escolas técnicas, eleitos por um processo eleitoral indireto, e hoje anacrônico, pois é o único conselho profissional, dos 28 existentes no Brasil que ainda não elege seus presidentes de regionais e conselheiros federais e regionais, por eleições diretas. Ainda assim, os conselhos regionais de Química contam em seus quadros com profissionais da indústria, docentes, profissionais ligados aos sindicatos e empresários.

Outras entidades surgiram ainda no século XX na forma de associações profissionais, sendo interessante destacar: Associação Brasileira de Química, Sociedade Brasileira de Química, Associação Brasileira de Engenharia Química, Associação Brasileira de Metais (hoje Metalurgia e Materiais), Associação Brasileira de Cerâmica, Associação Brasileira de Polímeros, Associação Brasileira de Ensino de Engenharia, sem o intuito de fiscalizar o exercício profissional dos seus associados, no entanto, discutindo em vários casos as questões curriculares nos cursos de graduação.

Nas áreas das profissões de Química e Engenharia, coexistiram (desde os anos 90) duas fontes de propostas regulamentadoras dos cursos formadores de profissionais e das limitações e direitos de cada

uma de suas modalidades: o Ministério da Educação (MEC) e os conselhos federais das profissões (CFQ e CONFEA). Os legisladores do MEC atuavam no antigo Conselho Federal de Educação para aprovar propostas de criação de cursos de graduação e pós-graduação universitários. No Conselho Nacional de Educação foram instituídas em 1999 as *Diretrizes curriculares* para as Químicas e Engenharias.

Durante os anos 50 do século XX, o registro profissional da “Engenharia Química” tornou-se pivô de questões legais envolvendo os Conselhos Federais e Regionais de Química e Engenharia, Arquitetura e Agronomia. Além disso, a desativação do curso de graduação de Química Industrial pela Escola de Química da UFRJ entre 1970 e 1996 gerou uma lacuna de mercado profissional e possibilitou que fosse implementada a formação de Bacharéis em Química com Atribuições Tecnológicas. Daí, surgiram semelhanças e algumas diferenças curriculares entre ambos os cursos de graduação e discussões que tendem a ser passageiras porque vem prevalecendo a absorção daqueles profissionais por um mercado inovador, crescente e carente de novas modalidades de especialização.

A Associação Brasileira de Engenharia Química criou o Encontro Brasileiro de Ensino de Engenharia Química – ENBEQ em 1981 em Campinas. Sua segunda edição ocorreu na capital paulista. A partir da terceira edição, tornou-se bianual (ENBEQ 2009). Consultando

os seus anais editados, verifica-se a influência crescente do modelo curricular “mecanicista” americano, exposto por docentes universitários dos Estados Unidos da América (EUA) especialmente convidados. No início dos anos 90, iniciou-se a redução das cargas horárias das Químicas Fundamentais e Tecnológicas na EQ-UFRJ (ZAKON, VALLADÃO e DWECK, 2001).

O Professor Fathi Habashi (1992), engenheiro químico e renomado pesquisador e autor da Engenharia Metalúrgica, considerou que duas linhas de formação de (engenheiros) químicos se estabeleceram: uma com “*enfoque europeu*” – de Química Industrial Aplicada, isto é, tecnologia química; e outra com “*enfoque norte-americano*” – de Engenharia Química ou Físico-química aplicada. Assim, os “engenheiros de processo” se equivalem aos “químicos industriais” na condução e no aprimoramento de processos da indústria química.

A lógica operacional para a criação de novos diplomas de cursos superiores entre os sistemas de formação e credenciamento de profissionais da Química revela a seguinte tendência: se uma faculdade, escola, centro universitário ou universidade decidir formar um novo tipo ou modalidade de profissional, cria-se uma expectativa de regulamentação por parte do conselho federal normativo e fiscalizador, (e uma ação política) no sentido de acolher a proposição. Porém, o processo de reconhecimento das novas especialidades profissionais é lento. E a aprovação das novas grades ou malhas curriculares dos cursos de

graduação em Engenharia Química, anteriormente inspiradas na Lei dos Químicos sofreu e ainda sofre as influências do MEC e do ENBEQ, apesar da existência dos Congressos Brasileiros de Educação (antes, Ensino) de Engenharia (COBENGEs).

O MEC por meio do CFE adotou “currículos mínimos entendendo que a Engenharia Química é uma área da Engenharia” (SESU/MEC, CFE Parecer nº 253, 1977). Também adotou diretrizes curriculares para os Químicos, englobando os Bacharéis em Química, em Química Industrial e em Química Tecnológica.

Por outro lado, é próprio enfatizar que os Conselhos de Química, por força da Lei nº 2.800/56, são constituídos por profissionais das diferentes categorias químicas, com peso ponderável para os engenheiros químicos, o que, evidencia a prevalência desses conselhos para o seu registro profissional.

A Escola de Química da UFRJ continua graduando e diplomando químicos industriais em seu curso tradicional, hoje ampliado para cinco anos pelo fato de focarem a Química e atenderem a demandas contínuas do mercado de trabalho. Assim, no caso da Escola (Nacional) de Química, o MEC e o CFQ delineiam juridicamente a formação, a concessão de diplomas, a fiscalização, o exercício da profissão na área das Engenharias Químicas, e a ABEQ e a Associação dos Ex-Alunos da Escola de Química (EXAEQ) colaboram para melhorar a qualidade do ensino de graduação.

Influências estrangeiras para formar e registrar engenheiros químicos

Há quem considere que a ABEQ deveria congrega os engenheiros químicos como ocorre nos EUA, onde o exercício da profissão é fiscalizado pelo AICHE ou Instituto Americano dos Engenheiros Químicos. O Conselho de Diretores para o AICHE aprovou em 19 de março de 1977 e, reafirmou em 7 de junho de 1980, a seguinte posição sobre o registro (licenciamento ou credenciamento) para os engenheiros químicos individuais: *todas as legislações estaduais (americanas) agora requerem o*

registro (licenciamento) de todos os engenheiros que ofereçam serviços diretamente ao público.

Também, diversas agências reguladoras, cortes jurídicas, clientes e empregadores requerem ou recomendam evidências de registros da competência em Engenharia, e o número de entidades que assim procede é crescente.

O registro é um caminho para definir o nível de competência do engenheiro, e provê garantia ao público que aqueles possuidores do título de “Engenheiro Profissional Registrado” ou “Engenheiro Profissional Licenciado” conseguiram obter certos requisitos mínimos num ponto de suas carreiras.

Considerando-se esses fatos, o AICHE recomenda que seus membros se registrem em seus respectivos estados tão logo quanto possível após ingressar na profissão. Ao concretizar essa recomendação, o AICHE reconhece que o registro não substitui a responsabilidade profissional individual para o trabalho de Engenharia, ou seja, uma “responsabilidade” que é baseada sobre conhecimentos adequados, experiência e integridade moral, e que se estende ao longo de toda a carreira de cada engenheiro (AICHE, 2001).

Nos EUA, segundo o Conselho Nacional de Examinadores para Engenharia e Agrimensura (*National Council of Examiners for Engineering and Surveying*); ... *os profissionais licenciados são aqueles que satisfazem um número de requisitos importantes na sua vivência para obter o licenciamento profissional. Enquanto que os requisitos para o licenciamento possam variar de estado para estado (americano), existe um grande acordo de similaridade entre aqueles. Na maioria dos casos, um candidato bem-sucedido é aquele que completou um elenco mínimo de (disciplinas de) educação de graduação universitária e que foi aprovado num exame de Fundamentos. A maioria das jurisdições, então, requer que o candidato possua quatro anos de experiência profissional sob a supervisão de um profissional licenciado, seguido de um exame sobre Princípios e Prática aplicado ao candidato, que deverá demonstrar conhecimentos para ser aprovado. É muito importante que*

cada candidato conheça os requisitos (exigências) para licenciamento em seu estado ou jurisdição (NCEES, 2001).

No caso brasileiro, um registro num Conselho Profissional depende apenas do diploma universitário, e a principal razão dessa simplificação consiste na grade curricular ampla e bem fundamentada de cada curso universitário brasileiro, que possibilita formar profissionais de alta qualidade. Essa situação, diferente nos dois países, resulta de cursos de Engenharia Química de cinco anos no Brasil e de grades curriculares de quatro anos para graduação nos EUA, o que se traduz na credibilidade e aceitação de engenheiros químicos no mercado de trabalho nacional e no estrangeiro.

Assim, as circunstâncias institucionais do Brasil e dos EUA diferem muito em termos de entidades, de cursos de graduação e de exigências profissionais, porque a legislação brasileira é federal e única, e não existe embasamento jurídico para que a fiscalização das profissões regulamentadas seja realizada por entidade privada.

Parte 3 – Áreas de atividade para engenheiros químicos

Funções profissionais e segmentos industriais

Existem atividades executivas ou cargos funcionais no cenário profissional de todas as Engenharias. A UNAFIC (2013) entende que o engenheiro químico exerce uma ou mais de suas funções ao longo de sua vida profissional, pois sua formação o permite. *Essa variedade, essa liberdade de escolha e de evolução* torna o trabalho muito atraente e pouco monótono. Assim, em início de carreira, o químico tem por vocação trabalhar em pesquisa, em desenvolvimento, em estudos, na produção. Com sua própria experiência, irá adquirir confiança para responsabilidades em matéria de segurança, higiene, certificação de qualidade e gestão do ambiente. Os de temperamento mais comunicativo abraçarão as responsabilidades de marketing e comerciais.

O trabalho do engenheiro químico não tolera a solidão e ele *trabalha em equipe*, quando não a dirige. Por outro lado, o saber, a competência e a experiência, suas qualidades de liderança o conduzirão aos postos de direção, e mesmo de direção geral. Certamente, ele irá integrar as novas disciplinas tais como gestão de negócios, legislação social, gestão financeira e comercial. Mais que em outras atividades, a pesquisa, a produção, o transporte, a comercialização e o campo mais importante, a eliminação ou a

reciclagem de produtos químicos são estreitamente abordados pela legislação e por uma regulamentação europeia, muitas vezes, robusta e complexa. O trabalho exige, pois rigor e *domínio do arsenal regulamentador*. O engenheiro químico atua também em *manutenção, instrumentação, automatizações, na regulação e no controle e na integração informática* (UNAFIC, 2013).

No caso das Engenharias Químicas podemos considerar as *especialidades industriais químicas*

como fatores da criação de novos cursos de graduação, sem a necessidade de estudos de pós-graduação (mestrado ou doutorado) para qualificação da formação profissional (MARTELLI, 1979).

O AIChE também distingue os engenheiros químicos por atividades ou funções profissionais (Tabela 2) e especialidades químicas industriais (Tabela 3).

Tabela 2 – Atividades ou funções profissionais dos engenheiros químicos

ATIVIDADES DE ENGENHARIA QUÍMICA NO BRASIL E NA FRANÇA	DESCRIÇÃO DA AIChE PARA OS E.U.A.
Projeto de Processo (<i>Développement</i>)*	Process Design Engineer
Engenharia Ambiental (<i>Environnement</i>)	Environmental Engineer
Engenharia de Planta de Processo	Plant Process Engineer
Engenharia de Segurança de Processo (<i>Securite, Hygiene</i>)	Process Safety Engineer
Engenharia de Projeto (<i>Ingénierie</i>)	Project Engineer
Consultoria	Consultant
Engenharia de Produto (<i>Formulation</i>)	Product Engineer
Engenharia de Produção Fabril (<i>Production</i>)	Manufacturing Production Engineer
Eng. Pesquisa e Desenvolvimento (<i>Recherche</i>)*	Research & Development Engineer
Gerente de Projeto	Project Manager
Procurador em Propriedade Industrial (<i>Propriété Industrielle</i>)	Attorney
Engenharia Biomédica	Biomedical Specialist
Engenharia de Automação e Controle	Computer Applications & Technology Engineer
Gerencia Técnica	Technical Manager
Coordenação de Negócios	Business Coordinator
Docência	Professor
Controle da Qualidade Industrial (<i>Assurance Qualité</i>)	Quality Control Engineer
Vendas e Mercado (<i>Commercial – Marketing</i>)	Sales and Marketing Engineer
Análises e Caracterização Tecnológica (<i>Analyse</i>)	
Eng. Tecnologia Antiga (<i>Veille Technologique</i>)	
Eng. Normas Técnicas Antigas (<i>Veille Reglementaire</i>)	
Logística (<i>Logistique</i>)	
Diretoria (<i>Direction</i>)	

Fontes: AIChE, 2001 (abordadas por Zakon e Manhães, 2001) e UNAFIC, 2013.

* As concepções francesa e americana diferem, embora possam superpor-se.

Em maio de 1990, a Escola Politécnica da USP empreendeu um conjunto de visitas acadêmicas, realizado por uma comitiva de seus docentes em universidades estrangeiras, para modernizar a oferta de cursos de Engenharia e especialistas no seu ensino de graduação. Concluiu que para cada (grande área ou) especialidade de Engenharia três tipos de engenheiros eram necessários: o de projetos, o cientista e o sistêmico.

O “engenheiro-projetista” seria aquele com um profundo conhecimento tecnológico em uma área específica, com pequena habilidade organizacional e

administrativa, que encontraria condições ideais de trabalho apenas em empresas especializadas, do tipo *design-house* (firmas de engenharia). O “engenheiro-cientista” com capacitação tecnológica poderia desenvolver produtos e processos, atuar em pesquisa e desenvolvimento, em especial nas universidades, além dos centros de pesquisas federais, estaduais e privados. O “engenheiro-sistêmico” seria voltado para a área de planejamento, operação e controle, direcionando seu conhecimento técnico para a produção, dotado de visão multidisciplinar das engenharias, abordagem integrada dos sistemas

de produção e conhecimento de organização empresarial e organizacional, capaz de trabalhar em administração e gerenciamento. Deveria ter habilidade para trabalhar em grupo e lidar com funcionários. O “engenheiro-sistêmico”, (ou “engenheiro-empresarial”) seria um gestor envolvido com o balanço de fim de ano, a economia e as finanças da empresa e preocupado com o negócio da Engenharia. Na verdade, os engenheiros de produção são hoje os que recebem formação mais sistêmica (adaptado da Comissão de Modernização Curricular da Escola Politécnica da USP, 1990).

Tabela 3 – Especialidades industriais e habilitações das Engenharias Químicas

Especialidades químicas industriais consideradas pelo AIChE (2001)	Diplomas existentes e em discussão
Indústrias de Processos Químicos (Chemical Process Industries – CPI): Agrominerais e Fertilizantes, Tintas, Vernizes, Pigmentos, Óleos, Gorduras, Lacas e Tintas de Escrever, Sabões e Detergentes, Perfumes e Cosméticos, Celulose e Papel, Fibras Sintéticas e Têxteis, Películas, Borracha e Derivados, Especialidades Químicas (Essências, Fragrâncias e outras substâncias), Gases Industriais, Produtos de Petróleo (Petroquímicos), Polímeros, Plásticos, Resinas Sintéticas e Compósitos, Catalisadores*	Químico Industrial (QI), Engenheiro Químico (especialista), Engenheiro Químico Industrial, Engenheiro Industrial Químico
Biotecnologia (Biotechnology)	Engenheiro de Bioprocessos
Projeto e Construção (Design & Construction)	Engenheiro Químico (especialista)
Ambiente, Segurança e Saúde no Trabalho (Environmental, Safety & Health)	Engenheiro Ambiental Químico Industrial e Ambiental (proposto)
Alimentos e Bebidas (Food & Beverages)	Engenheiro de Alimentos, Engenheiro Químico (especialista) Químico Industrial (especialista)
Combustíveis (Fuels): Fósseis e Nucleares	Engenheiro Químico, Engenheiro de (Extração de) Petróleo Engenheiro Nuclear
Materiais Avançados (Advanced Materials), Catalisadores, Eletrônica (Electronics)*: Aeroespaciais, Automotivos, Aglomerantes Minerais (Gesso, Cal e Cimento Portland), Vidros, Cerâmicos, Refratários, Eletrônicos, Metais e Ligas e Artefatos, Processamento de Minerais, Produtos Fotográficos	Engenheiro de Materiais Engenheiro Químico (especialista) Químico Industrial (especialista)

* O AIChE destacou Eletrônica e Catalisadores; porém, são materiais avançados que utilizam processos de tecnologias mineral, metalúrgica e cerâmica avançados.

As responsabilidades específicas dos engenheiros químicos, embora variem entre diversos segmentos industriais e mesmo dentro de uma mesma empresa, podem ser categorizadas em termos genéricos. Títulos como “engenheiro de projeto de processo” e “engenheiro de projeto” descrevem cargos industriais e nas empresas de Engenharia.

Além disso, existem as funções profissionais pertinentes (AIChE, 2001) apresentadas na Tabela 2. Porém, muitas funções descritas em separado são especialidades válidas em grandes refinarias, siderúrgicas e indústrias químicas. No caso de instalações médias, ocorre a concentração de responsabilidades sobre um ou poucos profissionais.

Percebe-se que a nomenclatura descritiva do AIChE destaca ou prioriza o termo “engenheiro” em várias funções profissionais, e que corresponde a vários cursos novos adotados por escolas politécnicas e os recentes institutos de educação tecnológica no Brasil. O título e a descrição original em inglês do “engenheiro de produção de manufatura”, além da redundância dos termos, sugerem que se trata de um “engenheiro operacional ou de operação”, formado em cursos de três anos, categoria criada no Brasil nos anos 60 e extinta na década seguinte após ações do sistema CONFEA-CREA e que não atingiram a área da Engenharia Química, pois nesta não existiram cursos de “engenharia operacional”.

O AIChE em 2001 admitia simultaneamente como atividade ou função profissional (*job function*) e

especialidade química industrial (*industry profile*) a existência do profissional engenheiro ambiental (*environmental engineer*)”.

As Engenharias Químicas adotadas na Escola (Nacional) de Química

A Escola Nacional de Química da Universidade do Brasil formava químicos industriais, e gerou, em 70 anos de existência, três cursos de graduação na área das Engenharias Químicas (Figura 4).

Após a conversão do regime seriado em sistema de créditos e requisitos no início dos anos 70 e até os anos 80, a graduação de Engenharia Química ainda tinha uma forte influência curricular oriunda do curso de Química Industrial, cujas disciplinas seriais foram divididas em duas ou quatro semestrais (dependendo da carga horária experimental anual I) e a presença dos antigos catedráticos e de suas equipes docentes.

Com o advento e crescimento do Programa de Engenharia Química (PEQ) da COPPE-UFRJ, introduziu-se o ensino de Fenômenos de Transporte na graduação nas disciplinas de Operações Unitárias, porque novas gerações de mestres e doutores vieram substituir os professores de tempo parcial que tinham outro emprego em indústrias, firmas de Engenharia ou serviços públicos e se aposentaram.

Os docentes pós-graduados, atuando em tempo integral, empenharam-se em mudar a distribuição das disciplinas e a carga

curricular do único curso de Engenharia Química até 2004. E reduziram as cargas horárias das disciplinas das Físicas, das Químicas Fundamentais (Geral, Analíticas, Orgânicas, Inorgânicas, Físico-Químicas) e Tecnológicas (Industriais) Inorgânicas e Orgânicas. Inspiraram-se nos modelos americanos de ensino trimestral, centrados nas Ciências da Engenharia Química e na Computação expostos no Encontro Brasileiro de Ensino de Engenharia Química (ENBEQ) de 1977. E converteram duas disciplinas de Operações Unitárias em três disciplinas de Fenômenos de Transporte na graduação: Mecânica dos Fluidos, Transferência de Calor e Transferência de Massa.

Se um curso de graduação de Engenharia Química elimina da sua sequência curricular as disciplinas teóricas e experimentais de Químicas Fundamentais e Aplicadas, torna-se uma versão atípica de um curso de Engenharia Mecânica, que foi o segundo precursor do Curso X.

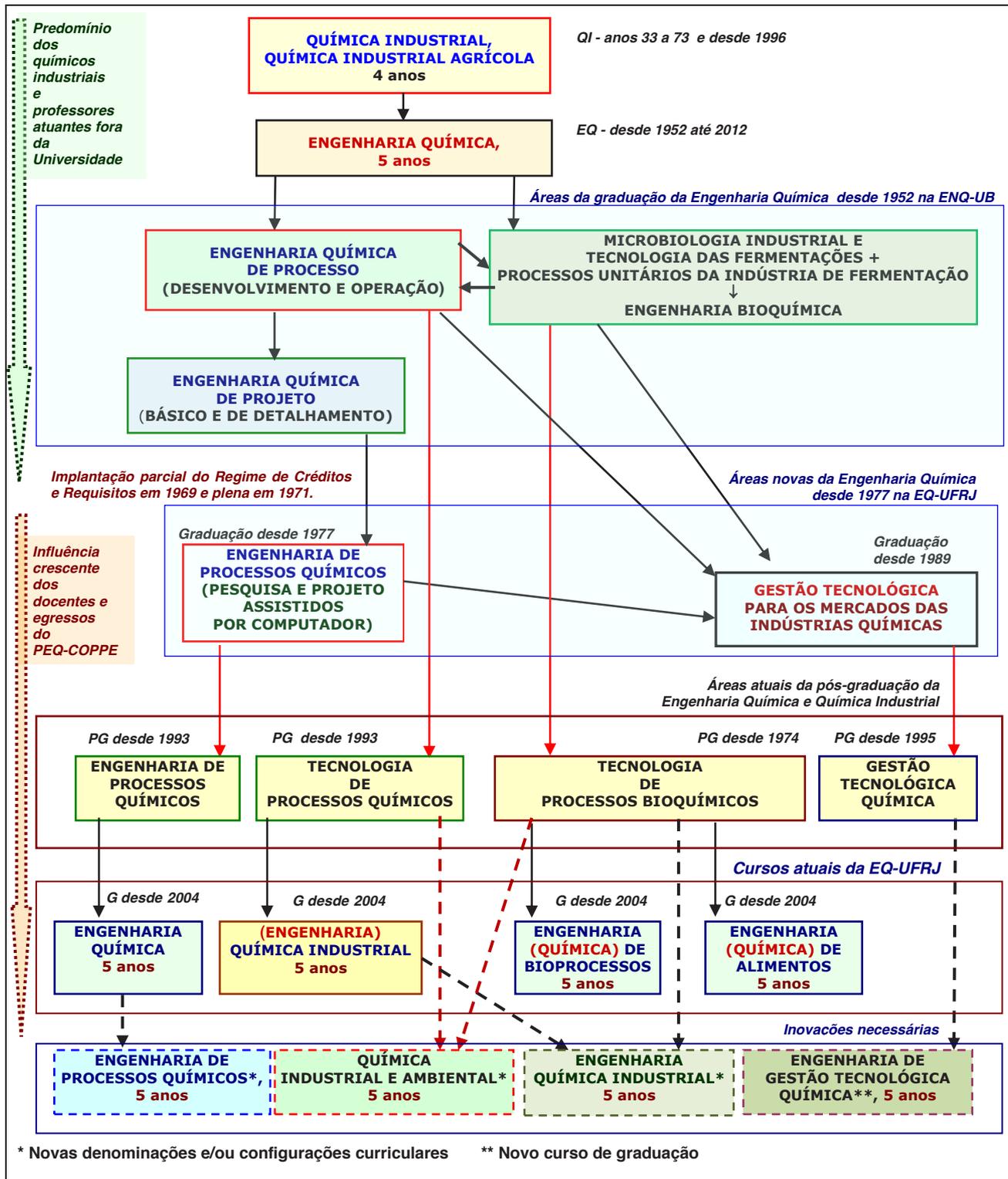
Tem de haver equilíbrio curricular entre as Químicas, Físicas e Matemáticas.

O ensino de Modelagem e Simulação Computacional e dos Métodos Matemáticos Numéricos foi implantado desde 1977. E subsidiou a inserção da disciplina *Engenharia de Processos Químicos*, adotada como paradigma da reforma curricular da graduação em 2004, que moldou o atual curso de Engenharia Química (muito diferente do modelo até os anos 80) e os de Engenharia de Alimentos, Engenharia de Bioprocessos e o de

Química Industrial (com um ciclo básico igual ao dos demais cursos de Engenharia).

A graduação de Química Industrial foi reformada em 2004, adotou uma grade curricular de cinco anos e manteve um nome

inadequado, pois equivale a Engenharia Química Industrial.



Fonte: Zakon, I Ciclo de Debates do DAEQ-UFRJ, 2009 - após Moritz, 1967.

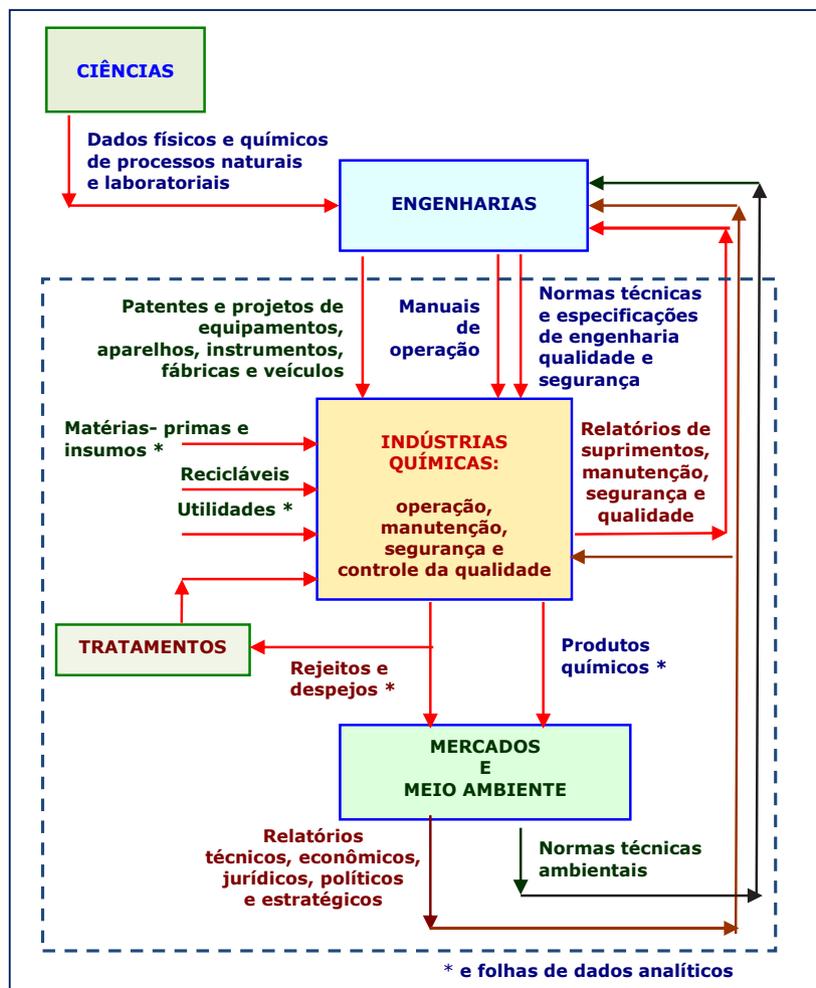
Figura 4 – Evolução e perspectivas dos cursos de graduação da Escola de Química da UFRJ

A área de Gestão Tecnológica Química surgiu na graduação em 1989, coincidindo com a criação de alguns laboratórios de computação e da rede interna de informática da Escola de Química da UFRJ, porém, direcionada para os Processos Químicos Industriais. Suas sementes foram implantadas na graduação pelos docentes do Departamento de Processos Orgânicos e de Engenharia Química que mesclaram em suas disciplinas as abordagens tecnológicas com a visão do setor

industrial. Constitui uma das mais fortes áreas do curso de pós-graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos da Escola de Química da UFRJ, mas ainda não gerou um curso de graduação pertinente.

Considerando-se que o atual curso de Engenharia Química da EQ-UFRJ tem um perfil computacional, isto é, envolvendo trabalhos em gabinetes e bibliotecas, seria de se esperar a criação de um novo curso que interaja com as

áreas de Negócios e Direitos Comerciais, Ambientais e Internacionais. A área de gestão tecnológica química caracteriza-se por avaliar cenários estratégicos e produzir documentos que podem definir a estratégia a ser adotada por um (grupo) gestor: relatórios técnicos, jurídicos, econômicos e políticos, além de manuais e normas técnicas de Engenharia e Ambientais (Figura 5).



Fonte: (Zakon, 2008)

Figura 5 - A gestão das tecnologias químicas

A proposta do *engenheiro empresarial* da EPUSP somada com as atividades relativas a patentes de procurador ou assessor jurídico (*attorney*) da AIChE respalda a necessidade de criar a especialidade *engenheiro de gestão tecnológica química* porque é uma especialidade na qual existem vários engenheiros químicos atuando no Brasil, e que

pode incluir a área de Vendas e Mercado (Figura 5).

O curso de Engenharia Ambiental oferecido pela Escola Politécnica da UFRJ, com a participação da Escola de Química e da COPPE-UFRJ, a partir de 2004, mantém a coexistência de dois enfoques - Territórios e Química - que merecem abordagens em graduações separadas, pois os poluentes

químicos e biológicos independem da noção de espaço físico para existir.

A grade curricular de Engenharia Ambiental excluiu o ensino de Termodinâmica, Operações Unitárias das Indústrias Químicas, Siderúrgicas, Metalúrgicas, Cerâmicas e afins e a Cinética e Cálculos de Reatores Químicos. As cargas horárias são pequenas nas

disciplinas embasadas em Química e algumas são lecionadas por dois ou mais docentes altamente qualificados. O curso resultou de um acordo político, é compactado e insuficiente nas disciplinas de Químicas Tecnológicas, ou Processos Químicos Industriais. A Reciclagem de Plásticos não consta do elenco obrigatório de disciplinas. Admite-se que o enfoque “território” permeia e caracteriza outros cursos de Engenharia Ambiental. Na UFRJ, as cargas horárias das Químicas, Físico-Química, Operações Unitárias e Processos Químicos são insuficientes para abordar a poluição com resíduos, despejos e emissões. O viés predominante é o da “Gestão Ambiental” envolvendo territórios.

CONSTATAÇÕES ADICIONAIS E CONCLUSÕES.

O MIT oferece quatro cursos de graduação de Engenharia Química e a Escola (Nacional) de Química (EQ-UFRJ) oferece três, o que confirma a existência da grande área das *Engenharias Químicas*. Novos cursos podem e devem ser criados para atender às demandas do mercado de trabalho para graduandos, pois um mestrado, ou doutorado, visa qualificar o profissional em áreas emergentes.

Referências:

ACADEMIA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS – Estatuto, Art. 2º – Disponível em: http://www.abc.org.br/rubrique.php3?id_rubrique=32. Acessos em 02 fev 2009 e 16 jun 2013

AMERICAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERING – *Texto institucional* – Disponível em: www.aiche.org. Acesso em 16 e 19 mar 2001.

ALEVATO, S.J. - Engenheiros Químicos e Registro Profissional – in: ASSOCIAÇÃO DOS EX-ALUNOS DA ESCOLA DE QUÍMICA DA UFRJ (EXAEQ-UFRJ), Rio de Janeiro. Disponível em: <http://exaeq.org.br/2010/06/registro-profissional/#more-79>. Acesso em 15 mai 2005

BELLO, J.L.P. – História da Educação no Brasil, Período da Segunda República (1930-1936) – in: PEDAGOGIA EM FOCO, Rio de Janeiro, 1998. Disponível em: <http://www.pedagogiaemfoco.pro.br/heb07.htm>. Acesso em 14 jul 2013.

CONSELHO FEDERAL DE QUÍMICA – Código de Ética dos Profissionais da Química - Resolução Ordinária nº 927/70 em 27 de novembro de 1970 (impresso) - Disponível em: <http://www.cfq.org.br/co927.htm>.

CFQ - Resolução Normativa nº 36 - Conselho Federal de Química, 14 de novembro de 1973 (impresso).

O cenário exposto justifica que sejam reincorporadas e mantidas as Químicas Analíticas Clássicas teóricas e experimentais em dois anos ou oito períodos semestrais letivos no Ciclo Básico das Engenharias Químicas, porque constituem a referência laboratorial dos processos químicos reais em escala de bancada para os alunos e futuros profissionais.

A Química Industrial ainda é um curso próximo das Engenharias Químicas e deveria ser elencada junto destas pelo MEC para questões de avaliação de alunos e desempenho institucional, pois seu enfoque predominante é o tecnológico ao invés do científico dos Institutos de Química e constitui a ponte de integração profissional e acadêmica entre as Químicas Científicas e as Engenharias.

As disciplinas *Mineralogia Industrial, Energética e Ambiental, Biodiversidade Industrial e Ambiental* (a ser criada) e *Microbiologia Industrial e Enzimática* devem constar de um novo ciclo básico de três anos para as Engenharias Químicas conforme sugerido na revista *Química & Derivados* (ZAKON, AMORIM, SÁ, ROCHA NETO, PORTO, LIMA e PINHEIRO, 2002) e na REBEQ (ZAKON, 2009).

É necessário assumir as identidades de *Engenharia Química Industrial* para o atual curso de Química Industrial em cinco anos e

de *Engenharia de Processos Químicos* para a atual Engenharia Química oferecida na Escola de Química da UFRJ, incluindo o conhecimento de linguagens de programação (ex.: Fortran), planilhas eletrônicas, além de *softwares* de modelagem e simulação computacional, que é uma demanda intrínseca do mercado de trabalho e dos próprios alunos que querem aprender a programar. *Engenharia Química* é (há vários anos) uma denominação genérica para vários diplomas, análoga às Engenharias Físicas das Escolas Politécnicas, onde predomina o ensino de Matemáticas e Físicas Aplicadas.

Diante das demandas de planejamento estratégico em setores da gestão governamental e da dependência do crescimento econômico de uma nação com o desempenho de sua indústria química, é imperioso criar cursos de graduação de *Engenharia de Gestão Tecnológica Química*.

Agradecimentos (Thanks to)

Químico Industrial Dilson Rosalvo dos Santos, Presidente do CRQ-3 (1984-1990).

Dr. Barry S. Johnston, Senior Lecturer, Undergraduate Officer, Department of Chemical Engineering, Massachusetts Institute of Technology, MIT.

CFQ - Resolução Ordinária nº 1.511 - Conselho Federal de Química, 12 de dezembro de 1975 (impresso).

CHEM E – DEPARTMENT OF CHEMICAL ENGINEERING (MIT)³ – *History of Chemical Engineering at MIT* – Disponível em: <http://web.mit.edu/cheme/about/history.html> - extraído em 31 de julho de 2013.

CHEM E – DEPARTMENT OF CHEMICAL ENGINEERING (MIT)³ – *Undergraduate Programs* – Disponível em: <http://web.mit.edu/cheme/academics/undergrad/index.html>. Acesso em 31 jul 2013.

CHEM E – DEPARTMENT OF CHEMICAL ENGINEERING (MIT)² – *Undergraduate Study* – Disponível em <http://web.mit.edu/cheme/index.html>. Acesso em 25 ago 2013.

COMISSÃO DE MODERNIZAÇÃO CURRICULAR – Politécnica 2000 – *Escola Politécnica da Universidade de São Paulo*, Maio de 1990.

CREMASCO, M.A. – *Vale a pena estudar Engenharia Química* – São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2005.

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA – ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – Departamento – História – Disponível em:

<http://sites.poli.usp.br/pqi/pqi/>. Acesso em 29 jun 2009 e 12 jul 2013.

ENCONTRO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA – Apresentação – *XIII Encontro Brasileiro Sobre o Ensino de Engenharia Química*, 8 a 11 novembro de 2009, Canela, RS, Disponível em: <http://www.ee.pucrs.br/enbeq/apresentacao.php>, Acesso em: nov 2010.

FOUST, A.S.; WENZEL, L.A.; CLUMP, C.W.; MAUS, L.; ANDERSEN, L.B. - Capítulo 1 Operações Unitárias na Engenharia Química – in: *Princípios das Operações Unitárias*, 2ª Ed. Tradutor: Horácio Macedo, Rio de Janeiro, Guanabara Dois, 1982.

GOVERNO PROVISÓRIO DA REPÚBLICA - Decreto nº 19.851 de 11 de abril de 1931 – Estatuto das Universidades Brasileiras – Disponível em: <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1930-1939/decreto-19851-11-abril-1931-505837-publicacaooriginal-1-pe.html>. Acesso em: 14 jul 2013.

HABASHI, F. *Chemical Technology versus Chemical Engineering Education*. Proceedings of the Eight Canadian Conference on Engineering Education, Laval University, Canada, may 1992. Tradução publicada em *Rev. Química Industrial*, v. 60. n. 689, jul./ago.

- 1992.
- HOWELL, B. F. Jr., – Introduction to Geophysics – McGraw-Hill Book Co. Inc., 1959.
- MARTELLI, H.L. Comunicação didática. Curso de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Bioquímicos da Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1979.
- MORITZ, V. Introdução à Engenharia Bioquímica. Diretório Acadêmico da Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1967.
- NATIONAL COUNCIL OF EXAMINERS FOR ENGINEERING AND SURVEYING. Texto institucional. Disponível em: www.ncees.org/engineers.html. Acesso em: 19 mar 2001.
- NOVAIS, L.A. e MAGALHÃES, L.E. Física. In: CIVITA, V. (Ed.) Enciclopédia Abril, 2ª Ed – V. 5, p. 190. São Paulo, Abril S.A. Cultural e Industrial, 1976
- NUSSENZVEIG, H. M. Curso de Física Básica, V. 1 – Mecânica, 2ª Ed – 1ª Reimpressão. São Paulo, Editora Edgard Blücher Ltda., 1992.
- PAULING, L. – Química Geral – Tradutores: Roza Davidson Kupermann e Aron Kupermann, Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico S/A – Indústria e Comércio, 1982.
- PERLINGEIRO, C.A.G. Engenharia de Processos: Complemento Indispensável à Formação do Engenheiro Químico - *Revista Brasileira de Engenharia Química*, v. 17. n. 4. p. 10-15. (1997/1998).
- PORTO, L. M. – A evolução da Engenharia Química – Perspectivas e Novos Desafios - Palestra de Abertura do X CONFEQ, Congresso Nacional de Estudantes de Engenharia Química, Florianópolis, Santa Catarina, 2.000.
- PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA - Decreto nº 24.693, de 12 de julho de 1934 - Regula o exercício da Profissão de Químico.
- PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA - Decreto-Lei nº 5.452, de 1º de maio de 1943 - Consolidação das Leis do Trabalho - Título III, Capítulo I, Seção XIII, Dos Químicos.
- PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA - Decreto-Lei nº 8.620, de 10 de janeiro de 1946 - Dispõe sobre a regulamentação do exercício das profissões de engenheiro, de arquiteto e de agrimensor, regida pelo Decreto nº 23.569, de 11 de dezembro de 1933, e dá outras providências.
- PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA - Lei nº 2.800, de 18 de junho de 1956 - Cria os Conselhos Federal e Regionais de Química, dispõe sobre a profissão do químico e dá outras providências.
- PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA - Lei nº 5.194, de 24 de dezembro de 1966 - Regula o exercício das profissões de Engenheiro, Arquiteto e Engenheiro-Agrônomo, e dá outras providências.
- PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA - Decreto nº 85.877, de 07 de abril de 1981 - Estabelece normas para execução da Lei nº 2.800, de 18 de junho de 1956, sobre o exercício da profissão de químico, e dá outras providências.
- SECRETARIA DE ENSINO SUPERIOR/MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO - Diretrizes Curriculares para os Cursos de Graduação Superior; definidos pela Comissão de Especialistas de Engenharia da SESu/MEC e pela Comissão de Especialistas de Ensino de Química – Disponível em: <http://www.mec.gov.br/sesu/diretriz/diretriz.htm>. Acesso em 19 jan 1999.
- SCRIVEN, L.E. – The Roles of Yesterday's, Today's and Tomorrow's Emerging Technologies in Chemical Engineering. Opening Presentation, Session I, The Roles of Chemical Engineers in Emerging Technologies. In: **American Institute of Chemical Engineers National Meeting**. Minneapolis, 1987.
- STRAUCH, P. C. – A École Centrale de Paris e sua influência no desenvolvimento técnico do Brasil (1828-1878) – 2010, 399 p., Tese de Doutorado em História das Ciências, das Técnicas e Epistemologia – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- THOBER, C. W. A. - A profissão de Engenheiro Químico no Brasil – Disponível em: http://saturno.crea-rs.org.br/fontes2/Contents/camaras/sistema_cofea.htm#PROFISSÃO. Acessos em 1998 e 2010 e <http://www.crea-rs.org.br/site/index.php?p=estudoqt> Acesso em: 16 de junho de 2013.
- UNION NATIONALE DES ASSOCIATIONS FRANÇAISES D'INGÉNIEURS CHIMISTES – Perfil de atuação dos Engenheiros Químicos. Disponível em: <http://www.unafic.org/>. Acesso em: 2 ago 2013.
- ZAKON, A. – Criatividade Tecnológica na Engenharia de Processos Inorgânicos – Curso de Extensão, XIV Congresso Peruano de Estudantes de Ingeniería Química, Universidade Nacional de San Agustín, Arequipa, Peru, outubro de 2008. Disponível em www.ambientesquimicos.eq.ufri.br. Acesso em 14 jul 2013.
- ZAKON, A. – O futuro da Química Industrial – I Ciclo de Debates do DAEQ - Diretório Acadêmico da Escola de Química da UFRJ, Rio de Janeiro, 26 de maio de 2009. Disponível em: www.ambientesquimicos.eq.ufri.br.
- ZAKON, A. – Paradigmas da Sustentabilidade na Engenharia Química – *Revista Brasileira de Engenharia Química*, v. 25 n. 1. p. 16-17, dezembro 2009. ISSN0102-9843.
- ZAKON, A.; AMORIM, R.M.; SÁ, B.P.; ROCHA NETO, M.M.; PORTO, D.S.; LIMA JR., E.B.; PINHEIRO, A.P.G. - Duas escolas numa só: engessar ou flexibilizar o ensino da Engenharia Química? *Química e Derivados*, v. XXXVII n. 409. p. 40-50, out 2002.
- ZAKON, A. e MANHÃES, I.N. O ensino da Engenharia Química perante a Diversificação Profissional nos EUA e no Brasil. VII Encontro de Educação em Engenharia, EE-UFRJ e FE-UFJF, Petrópolis, RJ, 07 de novembro de 2001.
- ZAKON, A. e STRAUCH, P.C. – Paradigmas Acadêmicos, Ambientais e Estratégicos - XI Encontro de Educação em Engenharia, UERJ-UFR- UFF-UFJF, Penedo, RJ, 25 a 28 de outubro de 2005. Disponível em www.ambientesquimicos.eq.ufri.br.
- ZAKON, A.; SZAJNBERG, M.; NASCIMENTO, J.L. - A Expansão das Ciências Naturais e das Engenharias em 2001 - XXIX Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia/COBENGE 2001, Porto Alegre, 2001.
- ZAKON, A.; VALLADÃO, M.L.A.C. e DWECK, J. - **Análise da Evolução Curricular de Engenharia Química na EQ-UFRJ** - III Encontro Ibero Americano de Dirigentes de Instituições de Ensino de Engenharia - ASIBEI 2001, Associação Brasileira de Ensino de Engenharia, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 02 a 05 de dezembro de 2001.

ABRAHAM ZAKON¹

¹Engenheiro Químico em 1971 e Mestre em Ciências em Tecnologia de Processos Bioquímicos pela Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro (EQ-UFRJ) em 1980; Doutor em Engenharia pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EP-USP) em 1991. Professor Associado do Departamento de Processos Inorgânicos, Escola de Química, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro. zakon@eq.ufri.br e www.ambientesquimicos.eq.ufri.br

SERGIO DE JESUS ALEVATO²

²Engenheiro Químico pela Escola Nacional de Química da Universidade do Brasil (ENQ-UB) em 1967; Mestre em Ciências em Química pelo Departamento de Química da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (DQ-PUC/RJ), 1980. Departamento Nacional da Produção Mineral do Ministério das Minas e Energia (DNPM-MME) de 1967 a 1972; TELERJ/TELEBRÁS – 1972-1995. Consultor. Conselheiro do Conselho Regional de Química (CRQ-3) – 1994-2000. Vice-Presidente do CRQ-3 – 1996-1999. sergioalevato@gmail.com

Análise da recuperação adicional de óleo em reservatórios de petróleo utilizando solução polimérica

por Maria do Socorro Bezerra da Silva*

RESUMO: O aumento progressivo da demanda energética mundial é motivo para a busca, também crescente, do aprimoramento das técnicas de produção de petróleo. Os métodos químicos representam as principais alternativas para melhorar significativamente a recuperação de óleo residual, gerado pela injeção de água. Entre eles a injeção de soluções poliméricas é um método já utilizado com sucesso na indústria. Essa técnica consiste em aumentar a viscosidade do fluido injetado mediante a dissolução de polímeros na água. Mesmo em pequenas concentrações, esses produtos fazem com que a viscosidade da água (fluido deslocante) seja aumentada e aproxime-se da viscosidade do óleo (fluido deslocado). Dessa forma, a solução polimérica injetada no reservatório promoverá um deslocamento uniforme em relação à fase óleo. O resultado é o retardamento da invasão de água nos poços produtores e, portanto, uma maximização da eficiência de recuperação.

Palavras-chave: viscosidade, injeção de água e injeção de solução polimérica.

Introdução

Os reservatórios de petróleo que retêm grandes quantidades de hidrocarbonetos após a diminuição da sua energia natural são candidatos ao emprego de processos que visam à obtenção de uma recuperação adicional de óleo. O desenvolvimento de técnicas que possibilitem extrair mais desse óleo residual permite aumentar a rentabilidade dos campos petrolíferos e estender sua vida útil (SEGUNDO *et al.*, 2007). Dentre as várias dificuldades que afetam a produção do petróleo a partir dos reservatórios, uma em especial tem a ver com a imiscibilidade e a diferença de viscosidade entre os fluidos presentes na jazida. Com base nessas observações, várias propostas têm sido apresentadas com o intuito de atenuar os danos sobre a recuperação. Esses métodos são chamados de recuperação suplementar. Eles consistem na injeção de produtos que geralmente não estão presentes no reservatório e modificam as características do meio poroso. Para reservatórios em que o petróleo não é do tipo “pesado” e apresenta mobilidade, uma proposta foi a utilização do método convencional de recuperação por

injeção de água, porém aditivada com polímeros hidrossolúveis de elevada massa molar. Este artigo tem como objetivo a análise da produção adicional de óleo quando é utilizado o método de injeção de solução polimérica.

Injeção de água

A água e o óleo são imiscíveis sob praticamente todas as condições de pressão e temperatura de reservatório e de superfície porque as solubilidades do óleo na água e da água no óleo são baixas (WILLHITE, 1986). A interface óleo-água é extremamente instável e existe uma tendência de formação de canais de escoamento preferenciais (VAN MEURS & VAN DER POEL, 1958). Este efeito tem por consequência a redução da eficiência de varrido do método, já que, como a água percorre caminhos preferenciais, ela não atinge todo o reservatório. Logo, o óleo não é todo deslocado.

Injeção de polímeros

Injeção de polímeros é um método de recuperação avançada de petróleo

(*Enhanced Oil Recovery – EOR*), classificado como um método químico, e tem o objetivo de aumentar a viscosidade da água de injeção e melhorar a razão de mobilidades água/óleo. Esse método visa recuperar o óleo móvel remanescente que a injeção de água não deslocou, mas também pode ser aplicado desde o início do desenvolvimento de um reservatório. Além de aumentar a eficiência de varrido, esse método busca reduzir a quantidade de água injetada e consequentemente produzida (ROSA, 2006). Este método faz com que seja minimizada a formação de caminhos preferenciais no reservatório.

Comportamento do polímero no reservatório

O transporte do polímero (soluto) através da água (solvente) se dá por meio dos fenômenos físicos e físico-químicos da equação de transporte, que são: fluxos advectivos, fluxo difusivo, fluxo dispersivo e adsorção do soluto da fase sólida causando retardamento. O controle de mobilidade é um dos parâmetros mais importantes, pois

o polímero atua basicamente na viscosidade da água injetada, permitindo um aumento na eficiência de varrido.

Metodologia do estudo

A análise do processo deu-se por meio da simulação numérica, utilizando o simulador STARS que é o simulador térmico-composicional e de processos avançados de reservatório mais utilizado pela indústria.

Modelagem do reservatório

Para facilitar a implementação do modelo, assim como a compreensão do processo de deslocamento do óleo e a interpretação dos resultados, a geometria do reservatório foi definida como sendo a correspondente a um quarto do *five-spot*, que é constituída por um poço injetor e um produtor; esse modelo está apresentado na Figura 1.

Os processos simulados

Para o estudo do processo de injeção de solução polimérica, foram criados 2 tipos de óleos sintéticos com viscosidades

de 8 cp e 43 cp utilizando o mesmo reservatório, o que foi possível de ser realizado variando as frações dos hidrocarbonetos presentes no reservatório. A vazão de água injetada variou entre 25 m³/dia, 50 m³/dia e 75 m³/dia. Foram realizados processos de injeção contínua de solução polimérica (20% polímero e 80% de água) e a injeção contínua de água, a fim de verificar o comportamento da solução polimérica em cada um deles. O projeto teve duração de 20 anos.

Resultados e discussão

Comparativo da injeção contínua da solução polimérica com a injeção contínua de água

Pela análise da Figura 2, o método de injeção contínua de solução polimérica apresenta uma melhor produção de óleo quando comparado à injeção de água. Isso está ocorrendo devido à viscosificação da água com a adição do polímero; esta apresentará uma mobilidade menor, assim conseguindo varrer uma área maior no reservatório e conseqüentemente deslocando mais óleo. Com base nessas

observações, foi realizada uma análise da variação da produção acumulada para os dois tipos de óleo estudados, analisando o comportamento da solução polimérica quando aplicada a um determinado tipo de óleo.

Análise da variação da produção acumulada para os dois processos simulados

A fim de avaliar a eficiência da recuperação de óleo com o processo de injeção de polímeros, realizou-se pela Equação (1) o cálculo dos processos simulados de injeção contínua da solução polimérica, comparando com a injeção de água, com o objetivo de verificar o incremento na produção quando se utiliza o método.

$$\Delta Np = \frac{|Np(\text{Solução polimérica}) - Np(\text{Injeção de água})|}{Np(\text{Injeção de água})} \times 100$$

A Tabela 1 mostra o incremento na produção de óleo quando é utilizada a injeção contínua de solução polimérica e a injeção contínua de água.

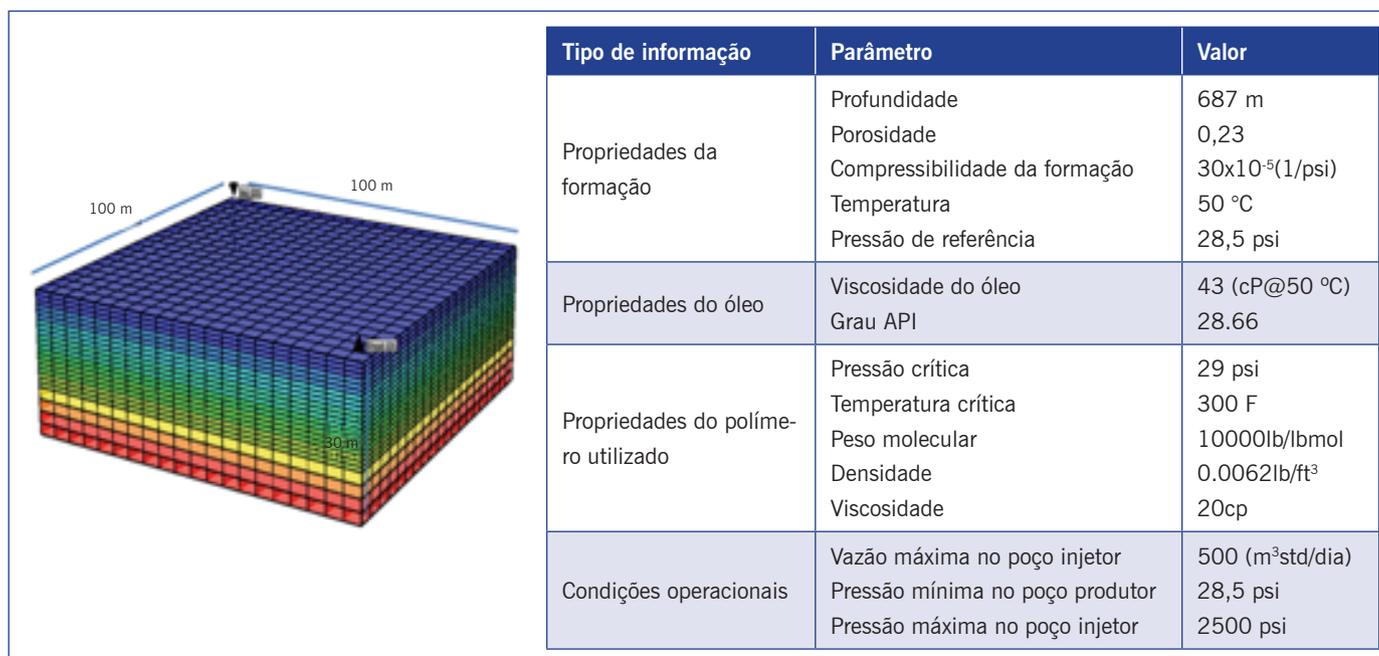


Figura 1. Modelo composicional do reservatório.

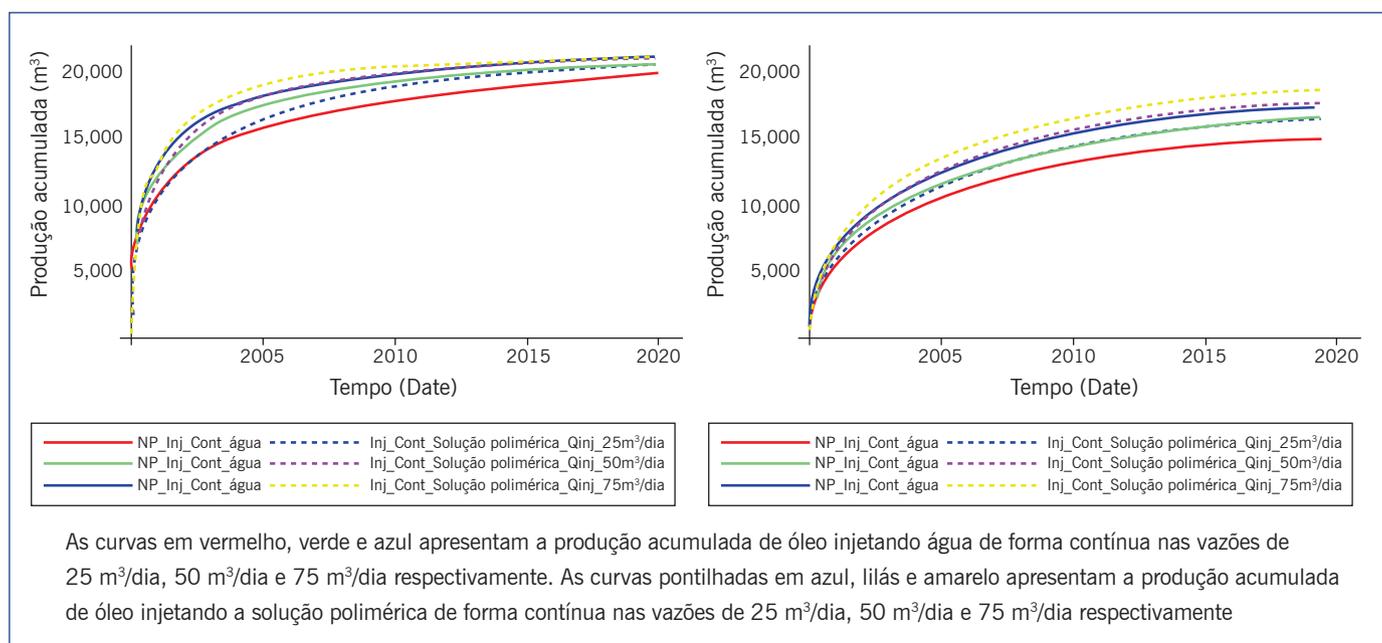


Figura 2. Curvas de produção acumulada comparando a injeção contínua de solução polimérica com a injeção contínua de água. (A) Óleo com viscosidade de 8 cp e (B) Óleo com viscosidade de 43 cp.

Tabela 1. ΔN_p em 20 anos de produção.

(A)				(B)			
Qinj. Água (m ³ /dia)	Inj. de solução polimérica (20 anos)	Inj. de água sem polímero (20 anos)	ΔN_p (% em 20 anos)	Qinj. Água (m ³ /dia)	Inj. de solução polimérica (20 anos)	Inj. de água sem polímero (20 anos)	ΔN_p (% em 20 anos)
25	20.613	19.841	3,89	25	15.542	14.166	9,7
50	21.150	20.848	1,45	50	16.852	15.559	8,35
75	21.264	21.197	0,32	75	17.531	16.379	7,03

NP: produção acumulada; Inj.: injeção; Cont.: contínua; Qinj.: vazão injetada; ΔN_p : variação da produção acumulada.

Da análise do incremento na produção de óleo, observa-se que, quando o método é utilizado em um óleo bem leve 8 cp, apresenta níveis baixos, o que pode ser atribuído à viscosidade do óleo, que é muito leve, ocorrendo então a chegada de uma grande produção de água junto com óleo, dificultando, assim, a produção do último. No óleo de viscosidade 43 cp, é observado um incremento na produção bastante significativo em todas as vazões utilizadas, o que pode ser atribuído ao fato de que a solução polimérica pode estar com uma viscosidade próxima da do óleo

do reservatório, assim fazendo com que a água tarde a chegar ao poço produtor, o que acarreta uma melhor produção de óleo ao fim dos 20 anos de projeto.

Conclusões

Com a utilização do método de injeção de solução polimérica, pode-se concluir que houve um incremento na produção de óleo do reservatório em estudo. O percentual adicional de óleo obtido após a varredura do reservatório com a água foi pequeno, indicando que o polímero conseguiu deslocar o

óleo de forma mais eficiente dentro do meio poroso. O incremento significativo na produção de óleo foi observado no óleo de viscosidade 43 cp; como esse óleo é um pouco mais viscoso, a solução injetada acaba se difundindo mais no meio poroso, varrendo a maior área possível e consequentemente produzindo menos água e mais óleo. Quando o método foi aplicado a um óleo de viscosidade 8 cp, obteve-se um incremento no fator de recuperação em relação à produção primária, consequentemente também houve altas vazões de água, o que não é interessante para o projeto. 🧪

Referências

ROSA, A. J.; CARVALHO, R. S.; XAVIER, J. A. D. *Engenharia de Reservatórios de Petróleo*. Rio de Janeiro: Interciência – PETROBRAS, 2006.

SEGUNDO, A. R. S. e S.; da SILVA, W. C.; VALENTIM, A. C. M.; MEDEIROS, A. C. R.; GARCIA, R. B. Caracterização de poliácridamidas comerciais visando sua

aplicação na recuperação avançada de petróleo. In: PDPETRO, 4., Campinas (SP) 2007.

VAN MEURS, P. & VAN DER POEL, C. A theoretical Description of Water Drive Process Involving Viscous Fingering. In: *Petroleum Transactions*, AIME, 1958, p. 103-112.

WILLHITE, P. G. *Waterflooding*. SPE Text book Series. vol. 3. Society of Petroleum Engineers, TX, 1986.

**Graduada em Licenciatura em Química; Pós-Graduada em Ciência e Engenharia de Petróleo – Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) – E-mail: socorromarya@gmail.com*

Garantir sua tranquilidade é nossa especialidade.

Oferecemos seguros pessoais, patrimoniais e empresariais em soluções adequadas às prioridades de cada cliente.

Temos orgulho de atender mais de 15 mil empresas e 1,8 milhões de pessoas físicas.

Atuamos em todo território nacional, com mais de 1.200 colaboradores e elevada qualificação do corpo técnico.

Tudo isso faz da Brasil Insurance uma das maiores consultorias de seguros do país.

**Para mais informações,
ligue para (11) 3175-2900.**



BrasilInsurance

Especialista em seguros. Todos eles.

www.brinsurance.com.br





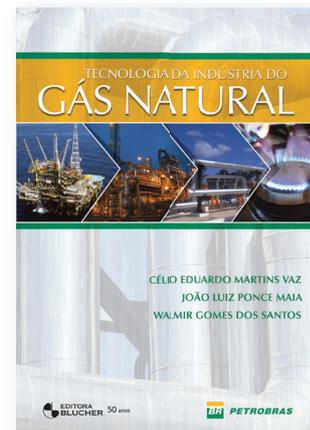
TENSOATIVOS



MANUAL DE SOLUÇÕES,
REAGENTES E SOLVENTES



CONTROLES TÍPICOS DE
EQUIPAMENTOS E PROCESSOS
INDUSTRIAIS



TECNOLOGIA DA INDÚSTRIA
DO GÁS NATURAL

Em convênio firmado com a **Editora Blucher**, os associados da **ABEQ** têm **20% de desconto** em todo o catálogo da editora.

Utilize o código **ABEQ1507** para desfrutar do benefício.

Conheça também os livros das áreas

QUÍMICA

BÁSICA

GESTÃO

ORGÂNICA

PLÁSTICOS

PROCESSOS

REAÇÕES

Blucher

WWW.BLUCHER.COM.BR

Livros

Publicações técnicas e científicas

Proceedings

Anais de congressos, seminários, simpósios

Open Access

Pesquisas científicas em acesso aberto

A importância e o desenvolvimento dos processos **na Indústria Química**

Albert Hahn, consultor, engenheiro e economista, fala sobre os avanços da engenharia química e o futuro da profissão no Brasil

Por Felipe William



“ De todas as formações profissionais, a formação do engenheiro químico é uma das mais polivalentes e apreciadas no mercado de trabalho. São muitas as ramificações em que ele pode atuar ”

Personalidade de destaque no cenário químico e petroquímico, Albert Hahn atuou em importantes empresas do setor, participando de diversos projetos e estudos. Juntamente com sua considerável experiência acumulada, possui sólida formação acadêmica, que inclui os títulos de M.Sc. em Engenharia Química e Economia pelo MIT (Massachusetts Institute of Technology). Nos anos 1970, publicou o livro “The Petrochemical Industry – Market and Economics” (Mc Graw-Hill), que serviu de referência para várias gerações de profissionais em todo o mundo.

Em entrevista à Revista Brasileira de Engenharia Química, Albert falou sobre o desenvolvimento da indústria química e os avanços nos processos industriais.

Do seu ponto de vista, quais foram os principais avanços da engenharia química nos últimos anos, no que se refere à melhoria dos processos industriais?

Os avanços são numerosos e fica até difícil citar todos. Quando se fala em produção de matérias primas, são inúmeros os progressos que vêm sendo realizados. São somatórias de dezenas de pequenas coisas. A partir de 1965, a tecnologia de craqueamento de nafta era abominada, e aí se iniciaram melhorias significativas. É difícil escolher uma. Um dos grandes desenvolvimentos, por exemplo, foi a escolha de operar a temperaturas mais elevadas, para que as matérias passassem pelos tubos com mais rapidez.

O que é necessário para que a indústria química possa se desenvolver de forma mais abrangente no Brasil?

O problema é que a engenharia química brasileira não está voltada à produção de novos processos. Quase sempre vem de fora. O que se desenvolveu muito no Brasil é o processo de desengargalamento, que praticamente foi elevado a uma arte.

Com relação ao mercado de trabalho do engenheiro químico no Brasil, é possível dizer que há

oportunidades para os profissionais que estão se formando?

De todas as formações profissionais, a formação do engenheiro químico é uma das mais polivalentes e apreciadas no mercado de trabalho. São muitas as ramificações em que ele pode atuar. Outro dia estava no metrô de Londres e encontrei uma amiga engenheira química. Ela me disse que estava trabalhando em uma empresa de consultoria de catástrofes, e isso mostra o quanto a profissão é diversificada. A engenharia química parece se relacionar muito com o sistema de *feedback*, e a economia do país também é um sistema de retroalimentações. Por isso os melhores economistas têm formação em engenharia química.

Quais países encontram-se mais à frente nas inovações tecnológicas da indústria química em geral?

Estados Unidos, Alemanha, França, Inglaterra e Japão são os países mais adiantados. A engenharia química nasceu nos Estados Unidos e lá o desenvolvimento de processos é constante. 🌐

Projeto Beta EQ

Criado com o intuito de dar apoio e preencher uma lacuna informativa na área de Engenharia Química, com foco nos estudantes que planejam prestar vestibular, que já cursam ou que já estão formados, o Projeto Beta EQ conta com um portal gratuito, que fornece conteúdo exclusivo sobre palestras, divulgação e cobertura de eventos acadêmicos.

O projeto começou como um blog, criado pelo estudante de Engenharia Química pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Kaíque Santos Teixeira. Em 2013, criou o projeto Beta EQ — cujo nome faz referência às versões Beta de aplicativos e softwares. A ideia de Kaíque era que aquela fosse uma ferramenta de aprimoramento informativo contínuo para a área.

Devido ao grande número de acessos ao blog e no Facebook, o Beta EQ passou a ser um portal de conteúdo sobre Engenharia Química. Então, pouco tempo depois Kaíque passou a recrutar estudantes ou engenheiros formados para contribuir de forma voluntária para o portal.

Fornecendo informações essenciais sobre o cenário da Engenharia Química nacional e uma rigorosa seleção de representantes Beta EQ, o projeto busca sua popularização e consolidação por meio de um contato mais íntimo e uma maior troca de experiências entre os profissionais e os estudantes do ramo. Além disso, o portal do projeto conta com um portfólio por meio do qual é possível visualizar não somente os objetivos e metas da equipe, mas também os parceiros que estão

“ Devido ao grande número de acessos ao blog e no Facebook, o Beta EQ passou a ser um portal de conteúdo sobre Engenharia Química ”

auxiliando e oferecendo suporte para o Beta EQ. Também é possível visualizar os eventos que estão para acontecer, mantendo o internauta constantemente atualizado sobre as novidades. 📍

Portal de Conteúdo: <http://betaeq.blogspot.com.br/>

Página de fãs: www.facebook.com/betaeq

Contato: betaeq@outlook.com





Brasileiros são premiados em evento internacional

Durante o evento de abertura do *Honeywell user Group* (HUG), 2014, realizado em San Antonio, no Texas, entre os dias 2 e 6 de junho, o estudante Herbert Senzano Lopes, do mestrado em Engenharia Química da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), foi o primeiro brasileiro a vencer a competição *UniSim Designs Challenge*, promovida pela *Honeywell Process Solutions*. Seu trabalho, “Recuperação de Gás Expandido para Geração de Eletricidade”, foi realizado juntamente com a professora Vanja Maria de França Bezerra. Ele utilizou o software de simulação da

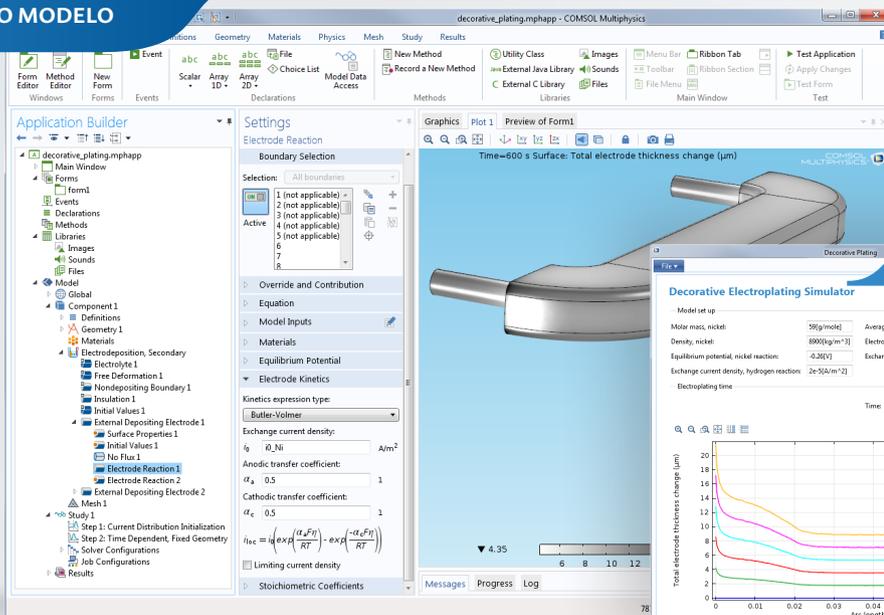
Honeywell para mostrar como emissões de gases podem ser convertidas em energia elétrica.

Vimal Kapur, presidente da Honeywell Process Solutions, anunciou a conquista e destacou o fato de que, pela primeira vez, o Brasil tinha sido escolhido por essa premiação. A competição *UniSim Design Challenge* abre espaço para que estudantes de engenharia de universidades das Américas do Norte e Latina apresentem suas soluções para problemas reais enfrentados por plantas industriais, a partir da utilização da suíte *UniSim Design*, plataforma da Honeywell utilizada para projetar

e modelar processos em unidades em todo o mundo.

Por meio da ferramenta, os brasileiros mostraram como o oxigênio, alimentado junto com o gás expandido, pode ser usado para aumentar a potência elétrica dos compostos orgânicos voláteis lançados no ar através de um queimador. A simulação gerou 2.126 MW de potência elétrica e revelou um grande potencial para ajudar a reduzir o lançamento de dejetos orgânicos e óxidos na atmosfera. O evento, que reúne cerca de 1500 pessoas, entre colaboradores, clientes e parceiros da Honeywell, é voltado para todos os países das três Américas. 🌐

DO MODELO



PARA O APP

Confira e Otimize seus Projetos com o COMSOL Multiphysics®

APRESENTANDO AGORA O APPLICATION BUILDER

O Application Builder fornece ferramentas para facilmente criar uma interface customizada para seus modelos multifísicos. Use o COMSOL Server para distribuir seus aplicativos para colegas e clientes ao redor do mundo.

Acesse comsol.com/release/5.0

PRODUCT SUITE

COMSOL Multiphysics
COMSOL Server

ELECTRICAL

AC/DC Module
RF Module
Wave Optics Module
Ray Optics Module
MEMS Module
Plasma Module
Semiconductor Module

MECHANICAL

Heat Transfer Module
Structural Mechanics Module
Nonlinear Structural Materials Module
Geomechanics Module
Fatigue Module
Multibody Dynamics Module
Acoustics Module

FLUID

CFD Module
Mixer Module
Microfluidics Module
Subsurface Flow Module
Pipe Flow Module
Molecular Flow Module

CHEMICAL

Chemical Reaction Engineering Module
Batteries & Fuel Cells Module
Electrodeposition Module
Corrosion Module
Electrochemistry Module

MULTIPURPOSE

Optimization Module
Material Library
Particle Tracing Module

INTERFACING

LiveLink™ for MATLAB®
LiveLink™ for Excel®
CAD Import Module
Design Module
ECAD Import Module
LiveLink™ for SOLIDWORKS®
LiveLink™ for Inventor®
LiveLink™ for AutoCAD®
LiveLink™ for Revit®
LiveLink™ for PTC® Creo® Parametric™
LiveLink™ for PTC® Pro/ENGINEER®
LiveLink™ for Solid Edge®
File Import for CATIA® V5

Avenida Comendador Franco, 1341, Sala
Incubadora, Curitiba, PR, CEP 80215-090

Fone: (41) 3156 9100



Os concursos públicos do CRQ-IV
reconhecem o trabalho dos
Profissionais e Estudantes da Área Química



R\$ 58,4 mil

para estudantes e orientadores

Modalidades:

- * Química de Nível Médio
- * Química de Nível Superior
- * Química de Nível Superior com Tecnologia
- * Engenharia da Área Química

Para concorrer, os alunos deverão apresentar um trabalho a respeito de qualquer tema relacionado à área química, que poderá ser individual ou em grupo, e serem orientados por um professor ou profissional em situação regular no CRQ-IV.

Homenagem

aos mais destacados profissionais

Premiações:

- * Certificado
- * Troféu
- * Menção na Galeria de Vencedores

Instituído em 2011 e entregue pela primeira vez em 2013, o Prêmio Walter Borzani destina-se a reconhecer profissionais de nível médio e superior que contribuíram para desenvolver a Química na indústria ou na esfera acadêmica.

INSCRIÇÕES ATÉ
31/03/2015

Regulamentos e
fichas de inscrição:
www.crq4.org.br



1 a 4 de Setembro
2015

Chamada de Trabalhos

Submissão de Trabalhos Completos
até 28 de Fevereiro de 2015

www.sinafermsheb.com.br

Organizadores

