

INDÚSTRIA QUÍMICA: EVOLUÇÃO RECENTE, PROBLEMAS E OPORTUNIDADES

Fernando Galembeck*, Ádamo César Mastrângelo dos Santos, Heloisa Cajon Schumacher, Márcia Maria Rippel e Renato Rosseto

Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas, CP 6154, 13084-971 Campinas - SP, Brasil

CHEMICAL INDUSTRY: RECENT DEVELOPMENTS, PROBLEMS AND OPPORTUNITIES. Chemical industry underwent a significant upturn in the past few years. In Brazil, the position of this industry has been continuously strengthened as the second largest industrial sector. Current circumstances are discussed, especially the need for increased innovation, the impacts of nanotechnology, biotechnology and information technologies. Some misconceptions on the Brazilian chemical industry are criticized and recent improvements are described, including those related to environmental protection, to conclude that its prospects are very good, considering both the availability of basic raw materials (oil, natural gas, agribusiness products and minerals), the growing demand and increased competitiveness.

Keywords: chemical industry; innovation; opportunities.

INTRODUÇÃO

Esse texto apresenta a visão de um grupo universitário de químicos sobre a indústria química. Esta é uma visão externa à indústria, o que tem vantagens e desvantagens. De um lado, tem a vantagem da independência e do baixo risco de conflitos de interesses. Por outro lado, esta visão carece do conhecimento interno que se pode adquirir na labuta diária, ao longo de anos. Para conhecer visões de líderes da indústria, os leitores de Química Nova podem consultar textos já publicados nesta revista, além do livro bastante conhecido, de Pedro Wongtschowski¹⁻⁴.

A INDÚSTRIA QUÍMICA

Indicadores

Os indicadores da indústria química global são impressionantes, sejam os específicos, sejam os agregados. Globalmente, trata-se de um dos dois maiores setores industriais, rivalizando com o de semicondutores, equipamentos e materiais de tecnologias de informação. No Brasil, é o segundo maior setor da indústria de transformação, perdendo apenas para o setor de alimentos.

Os valores dos ativos da indústria química e dos seus gastos são elevadíssimos e são continuamente exemplificados no noticiário. Em 2005, o valor das entregas da indústria dos Estados Unidos atingiu US\$549 bilhões (GUS\$549), alcançando GUS\$189 na Alemanha, GUS\$95 na Itália, GUS\$122 no Japão e superando, globalmente, a marca do trilhão de dólares.

Já os gastos de P&D de um grupo de 22 empresas americanas atingiram US\$ 4,8 bilhões, representando 3,1% do seu faturamento⁵ e mais de dez vezes o valor do edital universal do CNPq, em 2006. Várias empresas globais têm gastos de P&D superiores a US\$ 1 bilhão por ano, entre elas a Dow, BASF, DuPont e Bayer, enquanto a Akzo, DSM, Degussa e Mitsui estão na casa dos US\$300-400 milhões.

Os volumes produzidos também são impressionantes: a produção de ácido sulfúrico atinge 37 milhões de toneladas por ano nos Estados Unidos, 19 na Europa, 6,5 no Japão e 4,5 na China. As quantidades de polipropileno produzidas nestes mesmos países são: 8,1, 6,9, 3,0 e 1,1 (Taiwan), respectivamente.

Esse gigantismo é explicado pela onipresença dos produtos da indústria química e pela sua essencialidade em qualquer atividade humana, desde o tratamento de água e esgotos, até a produção e distribuição de alimentos, a preservação e recuperação da saúde e o lazer, a construção civil, a produção metal-mecânica e as tecnologias de informação. Apenas uma pequena parte da produção industrial química se dirige diretamente ao consumidor: mais de dois terços chegam ao usuário na forma de automóveis, imóveis, equipamentos de todos os tipos, alimentos e outros bens, essenciais ou não.

Perspectivas globais

Nos últimos anos, as empresas químicas globais desfrutaram de uma alta demanda e de margens elevadas, à medida em que os preços globais atingiram os maiores valores dos últimos dez anos. Entretanto, o crescimento nos ganhos foi um resultado da demanda e do aumento na utilização da capacidade de produção, mais do que uma retomada das inovações em produtos.

Segundo importantes analistas⁶, as inovações em produtos causaram um real crescimento da indústria química durante o século 20, até o fim dos anos 70. A partir de então, face à falta de inovações radicais, a otimização de portfólios de produtos e a excelência na assistência técnica tornaram-se os focos mais importantes da indústria. Mesmo assim, ou talvez por isso mesmo, um importante documento sobre a indústria americana afirma que "Chemical science is the most fundamental driver of advances within the chemical industry. Maintaining and improving the competitiveness of the U.S. chemical industry requires advances in three areas of chemical science: chemical synthesis, bioprocesses and biotechnology, and materials technology"⁷.

Outros fatores importantes que hoje afetam a indústria química global são destacados no material de divulgação da Third Annual Chemical Industry Global Outlook 2007 Conference, organizada pela revista Chemical Week⁸. São eles: o deslocamento de investimentos para o Oriente Médio e Ásia, a pouca disponibilidade de gás natural nos Estados Unidos e o rápido ritmo de desenvolvimento da biotecnologia e nanotecnologia. A mesma fonte aponta a necessidade da criação de novos produtos e serviços através da pesquisa e desenvolvimento, produzindo inovações que mantenham o crescimento da indústria. Além disso, a indústria deve tornar-se mais sustentável, especialmente fazendo uso crescente de matérias-primas de fontes renováveis.

*e-mail: fernagal@iqm.unicamp.br

Todos os países desenvolvidos cultivam indústrias químicas vigorosas. Essa é uma realidade interessante e muito diferente de discursos de base puramente ideológica, que foram amplamente repetidos no Brasil em passado recente. Segundo estes discursos, a indústria química, tal como outras indústrias “poluentes”, estaria sendo expulsa dos países ricos rumo a países pobres como a Índia e o Brasil, nos quais a corrupção e as más condições de vida tornariam a poluição industrial aceitável.

Este discurso foi ouvido, com freqüência, quando da formulação e implantação do PADCT (Programa de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pelo governo federal, em 1982-5, mas os fatos das duas décadas posteriores mostraram que a indústria química é desejada e cortejada por qualquer país cujo governo tenha ambições de desenvolvimento. Exemplos recentes são o do estado da Geórgia, nos Estados Unidos, que tem uma importante atividade de planejamento regional⁹ e tem tido um impressionante crescimento econômico, como o da Venezuela do presidente Chávez, que recentemente tomou medidas importantes para o desenvolvimento da petroquímica venezuelana ou na Finlândia, na qual a indústria química tem a terceira colocação como setor econômico, perdendo apenas para o setor florestal e o de metais e engenharia¹⁰. Isso, no país que sedia uma empresa líder no mercado de telefones celulares. Hoje se dá um crescente reconhecimento ao poder multiplicador da indústria química.

Um estudo recente sobre o crescente déficit de comércio exterior do setor químico dos Estados Unidos mostra que, para um déficit setorial de GUS\$8,5 em 2005, as indústrias a jusante (especialmente computadores e materiais eletrônicos, têxteis, couros, equipamentos de transporte, petróleo e gás, plásticos e borrachas) tiveram um déficit de GUS\$52,9 diretamente atribuível ao conteúdo químico dos seus produtos¹¹. Portanto, os prejuízos causados pela falta de vigor e competitividade do setor químico são seis vezes maiores, em outros setores.

Crescimento econômico

As perspectivas da indústria química são muito vinculadas às macro-questões humanas globais e isso inclui as expectativas da economia, como um todo. Um exemplo está em uma análise das perspectivas da indústria química européia para o ano de 2007¹², que resume assim a situação: “good year 2006 with moderate slowdown for 2007”. Essa conclusão é baseada em dados do Cefic (European Chemical Industry Council), sobre um crescimento no setor químico de 3,6% (mas excluindo farma o crescimento foi menor, 2,5% no total) em 2006, comparado a 1,5% em 2005, superior à média dos últimos cinco anos e que permitiu um aumento no saldo comercial do setor. A previsão para 2007 é de 2,2% excluindo farma e de 3,0% no total. O principal fator de crescimento é a de-

manda interna da União Européia, que cresceu 4,6% in 2006, devido à atividade nas indústrias clientes da indústria química. Segundo esse estudo, a economia global deve desacelerar em 2007, especialmente nos Estados Unidos. O preço do petróleo e a fraqueza do dólar americano são fatores de incerteza mas há sinais positivos, especialmente do Japão, China, outros países asiáticos e mesmo na América Latina, na qual o Brasil tem destaque. O próprio crescimento europeu contribui positivamente, embora continue sendo inferior ao do resto do mundo. Em resumo: o cenário global da indústria química é positivo e as predições para 2007, ainda que cautelosas, prevêm um crescimento continuado¹³. Tratando-se de um setor de dimensões gigantescas e maduro, suas perspectivas são fortemente vinculadas às perspectivas globais e as taxas de crescimento são próximas às da economia como um todo. Todos os países desenvolvidos almejam ter um balanço comercial do setor químico positivo, devido ao peso desse setor na economia e também ao seu caráter estratégico.

A indústria química brasileira¹⁴

A indústria química brasileira ocupa a nona posição no ranking mundial, estando atrás apenas de Estados Unidos, Japão, China, Alemanha, França, Coreia, Reino Unido e Itália e à frente da Rússia, Índia e de países que sediam empresas importantes, como a Bélgica, Holanda, Finlândia e Suíça.

Dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) revelam que a indústria química brasileira tem o segundo lugar no setor industrial, com 12,2% do PIB da indústria de transformação, depois da indústria de alimentos e bebidas (com 16,3%). O setor químico respondeu por 3,5% do Produto Interno Bruto (PIB), no ano de 2005. Seu crescimento vem ocorrendo desde 1998 e a sua importância para o PIB supera os 2% da maior indústria química do mundo, a dos Estados Unidos.

Embora tenha tido uma queda (de R\$ 176,1 em 2004 para R\$ 169,3 bilhões em 2005, devido à apreciação do real), o faturamento da indústria química brasileira medido em dólares apresenta-se crescente desde 2002, como mostra a Tabela 1.

O Brasil importa mais do que exporta produtos químicos, com um déficit comercial nesse setor, mas a competitividade da indústria química brasileira é crescente: no ano de 2005 as exportações de produtos químicos cresceram 25,4% (exportando US\$ 7,3 bilhões) com relação a 2004 (US\$ 5,9 bilhões). No mesmo período, as importações tiveram um aumento de 5,7%, passando de US\$ 14,5 bilhões para US\$ 15,3 bilhões. Com o desenvolvimento das vendas externas, a diferença entre as exportações e as importações caiu de US\$ 8,6 em 2004 para US\$ 7,9 bilhões em 2005.

Em termos de quantidades, o Brasil exportou em torno de 8,4 milhões de toneladas de produtos químicos em 2005 (11,9% a mais

Tabela 1. Faturamento líquido da indústria química brasileira em US\$ bilhões (1990 - 2005)¹⁵

Segmentos	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002	2003	2004	2005	%a.a.
Produtos químicos de uso industrial	19,0	17,4	19,2	19,9	18,5	22,8	19,4	24,1	33,0	39,1	4,9
Produtos Farmacêuticos	2,7	3,0	5,0	7,6	8,7	6,7	5,2	5,6	6,8	9,2	8,5
Hig. pessoal, perf. e cosméticos	1,6	1,7	2,4	4,2	4,3	3,4	2,8	3,1	3,9	5,5	8,6
Adubos e fertilizantes	2,3	1,7	2,2	3,0	2,9	3,0	3,3	4,3	5,6	5,3	5,7
Sabões e detergentes ⁽¹⁾	2,0	2,0	2,0	2,8	3,1	2,3	2,1	2,1	2,7	2,5	1,5
Defensivos agrícolas	1,1	0,9	1,4	1,8	2,6	2,5	1,9	3,4	4,9	4,0	9,0
Tintas, esmaltes e vernizes	1,7	1,7	1,8	2,0	2,0	1,5	1,1	1,3	1,5	1,9	0,7
Outros	1,4	1,5	1,6	1,5	1,7	1,4	1,5	1,6	1,8	2,0	2,4
TOTAL	31,8	29,9	35,6	42,8	43,8	43,6	37,3	45,5	60,2	69,5	5,4

Fontes: ABIQUIM e associações dos segmentos. (1) O faturamento de 1990 a 1994 foi estimado pela ABIQUIM em US\$ 2 bilhões.

que no ano anterior) e importou mais de 20,2 milhões de toneladas (indicando queda de 16,1% com relação a 2004). Portanto, o preço médio unitário das exportações é de US\$860 por tonelada, enquanto o mesmo parâmetro das importações vale cerca de US\$760 por tonelada. Este dado desmente uma afirmação repetida frequentemente: a de que o Brasil exporta produtos de baixo valor unitário e importa produtos de alto valor e conteúdo tecnológico. De fato, cerca de um terço da pauta brasileira de importação é devido a fertilizantes e outro terço a plásticos e borrachas. O campeão é o cloreto de potássio, do qual foi importado cerca de 1 bilhão de dólares, em 2005, ou seja, 6,7% do total.

Uma característica importante da indústria química brasileira é o alto nível de organização das suas entidades representativas, seja a Associação Brasileira da Indústria Química (Abiquim), sejam as entidades setoriais, como a Abifina, Abrafati e várias outras. Estas associações organizam eventos muito importantes, como por exemplo o Encontro Anual da Indústria Química, realizado regularmente no início de dezembro de cada ano. O Congresso Internacional de Tintas, organizado a cada dois anos pela Abrafati, é um evento notável por reunir entre seus participantes muitos pesquisadores de empresas e acadêmicos, do Brasil e do Exterior. Este é um tipo de interação muito necessário mas ainda pouco freqüente, no Brasil, em qualquer área do conhecimento.

A farmoquímica no Brasil

Um tópico sempre realçado nas discussões sobre as necessidades tecnológicas da indústria brasileira é a produção de fármacos, cuja importância chegou ao ponto de este ser um tema da atual política industrial do governo federal¹⁶. Os progressos nesta área, desde os anos 80, tem sido impressionantes, mesmo considerando-se os retrocessos do início dos anos 90. Um quadro pode ser obtido da publicação anual da Associação Brasileira da Indústria Farmoquímica, a Abiquif¹⁷. Esse rico documento relaciona mais de 400 farmoquímicos produzidos no Brasil por mais de 60 empresas. Participam dessa relação muitos produtos sofisticados de “química fina” e alguns exemplos de empresas e produtos respectivos estão na Tabela 2. Um fenômeno mais recente é a **criação** de novos produtos e processos, bem exemplificado por tres casos: o lançamento de um novo medicamento, o Acheflan¹⁸, a patente de S(+)-cetamina obtida pela Cristália nos Estados Unidos¹⁹ e o “pipeline” do Lassbio, um laboratório dirigido por Eliezer Barreiro, na UFRJ.

A acentuada evolução da farmoquímica brasileira e, por extensão, da química fina, demonstra a grande capacitação do setor químico brasileiro, nos seus componentes humano, científico, tecnológico e empresarial, para superar dificuldades e para gerar riqueza e bem estar, através da aplicação do conhecimento.

Oportunidades especiais

A indústria química brasileira desfruta de uma situação bastante peculiar. No momento em que o aumento nos preços do petróleo é um fator de grande peso na rentabilidade da indústria química global, o Brasil torna-se auto-suficiente na produção de petróleo. Ao mesmo tempo em que a falta de gás natural é um fator decisivo na perda de competitividade da indústria química dos Estados Unidos, são feitas grandes descobertas de gás, no Brasil, com destaque para a Bacia de Santos, vizinha ao maior centro consumidor do país.

Além disso, o Brasil tem uma posição privilegiada como produtor agrícola e, conseqüentemente, de derivados da biomassa. No Brasil, a alcoolquímica tem uma longa história e a glicerina hoje desponta como uma nova matéria-prima abundante e de baixo preço, que pode criar muitas oportunidades, seja através de processos catalíticos²⁰, seja de processos fermentativos. Como a disponibili-

dade de matérias-primas é um elemento chave no sucesso da indústria química, pode-se afirmar que o Brasil tem hoje uma posição muito privilegiada, que está sendo bastante bem explorada por todas as grandes empresas do setor, com investimentos bilionários, e por muitas empresas de porte médio ou pequeno.

Problemas

A maior ameaça ao crescimento da indústria química brasileira, neste momento, é a redução da atividade manufatureira devido a fatores macroeconômicos, especialmente o câmbio e o tratamento dado, no Brasil, às exportações chinesas. A manufatura consome quantidades importantes de “produtos químicos de uso industrial”, uma categoria que responde por cerca da metade da produção.

Outra ameaça está nas muitas restrições atuais à pesquisa que explora (ou exploraria) a biodiversidade, bem como à pesquisa biotecnológica. A legislação tem criado um grande número de empecilhos para a pesquisa de campo, criando uma situação favorável apenas para os que não estão comprometidos com o cumprimento das leis.

FATORES E ESTRATÉGIAS DE MUDANÇA

Há vários fatores de mudança na indústria química, na atualidade. Os principais são as grandes fronteiras da inovação: a nanotecnologia, a biotecnologia e as tecnologias de informação e comunicação. Além destes, há o peso sempre crescente das preocupações ambientais que são hoje agudas devido às mudanças climáticas, o aumento nos preços do petróleo e gás, o sucesso nas novas tecnologias de produção de matérias-primas da biomassa e o aumento do peso das legislações de registro, controle e uso de produtos químicos.

Inovação: nanotecnologia

Uma excelente análise do papel da nanotecnologia na indústria química foi publicada por um grupo da DuPont²¹, e está resenhada a seguir. Os autores começam lembrando que a indústria química é em grande parte madura e que muitos dos seus produtos são “commodities” baseadas em tecnologias bem estabelecidas. Portanto, novos produtos e novas oportunidades de Mercado virão, provavelmente, das especialidades químicas e de novas funcionalidades obtidas graças às novas tecnologias de processo e às novas metodologias de controle de microestruturas. Hoje, é bem conhecido que, tanto quanto a estrutura molecular, a microestrutura de um material tem um papel determinante das suas propriedades. Portanto, o controle de estruturas nos níveis micro e nano é essencial para o surgimento de novas descobertas. Estes autores definem nanotecnologia como sendo a manipulação controlada de nanomateriais com pelo menos uma dimensão inferior a 100 nm.

A nanotecnologia está emergindo como uma das principais áreas de investigação, integrando a química e a ciência dos materiais e, em alguns casos, integrando ambas também à biologia para criar novas e inéditas propriedades que possam ser exploradas, vindo a constituir-se em oportunidades de mercado, como produtos eletrônicos e fotônicos, biomédicos, materiais de alto desempenho e produtos de consumidor. Nestes casos, os desafios de tecnologias de fabricação vão desde a formação de partículas, seu revestimento e dispersão, até sua caracterização, modelagem e simulação de suas propriedades, processos e desempenho em uso.

Finalmente, os autores propõem um “roadmap” ou mapa do caminho da inovação nanotecnológica, que identifique as interdependências entre o desenvolvimento dos nanoblocos, o “design” de produtos, o projeto de processos e a integração da cadeia de valores. O modelo de P&D que eles sugerem é uma combinação de demandas de mercado e ofertas tecnológicas (“market pull”

Tabela 2. Alguns farmoquímicos produzidos no Brasil

CRISTÁLIA Itapira - SP	ECADIL Cosmópolis - SP	GLOBE QUÍMICA Cosmópolis - SP	NORTEC QUÍMICA Duque de Caxias - RJ	NORTEC QUÍMICA (cont.)
Alfentanil hydrochloride	Amfepramone/ <i>Diethylpropion</i>	Acetylsalicylic acid <i>Aspirin</i>	Articaine hydrochloride	Lamivudine
Biperiden lactate			Azathioprine	Levobupivacaine
Dantrolene sodium	Benzalkonium chloride	Amfepramone	Bromazepam	Levobupivacaine hydrochloride
Droperidol	Biocide agents	<i>Diethylpropion</i>	Bupivacaine	Lidocaine <i>Xylocaine</i>
Etomidate	Bromopride	Amiodarone hydrochloride	Bupivacaine hydrochloride	Lidocaine hydrochloride
Fentanyl citrate	Chlorhexidine	Carbocysteine <i>S-</i> <i>Carboxymethylcysteine</i>	Captopril	Mepivacaine hydrochloride
Fluphenazine decanoate	Chlorhexidine gluconate	Diazepam	Carbamazepine	Midazolam
Fluphenazine enanthate	Clofazimine	Diphenoxylate hydrochloride	Chlordiazepoxide	hydrochloride
Haloperidol decanoate	Enalapril maleate	Fedrilate	Clonazepam	Midazolam
s-Ketamine hydrochloride	Isoniazid <i>4-</i> <i>Pyridinecarboxylic acid</i> <i>hidrazide</i>	Fenproporex hydrochloride	Denatonium benzoate	Midazolam maleate
Levobupivacaine hydrochloride	Mazindol	Ketoconazole	Diazepam	Nevirapine
Midazolam hydrochloride	Methyl dopa (alpha) monohydrochloride	Lithium carbonate	Diclofenac acid	Nitrofurantoin
Midazolam maleate	Metoclopramide	Propranolol hydrochloride	Diclofenac	Noradrenaline bitartrate
Pethidine hydrochloride	Promethazine	Sulfamethoxazole	cholestyramin	Orphenadrine citrate
<i>Meperidine</i> <i>hydrochloride</i>	Pyrazinamide <i>Pyrazine</i> <i>carboxamide</i>	Sibutramine	Diclofenac	Oxcarbazepine
Ritonavir	Quaternary ammonium salts	Sulfamethoxazole	Diclofenac potassium	Phenobarbital
Ropivacaine hydrochloride	Rifampicin	Thiamphenicol hydrochloride	Diclofenac resinate	Phenobarbital sodium
Saquinavir	Sulfosuccinates	glycinate	Diclofenac sodium	Phenylephrine hydrochloride
Sevoflurane	Talidomide	Ticlopidine hydrochloride	Didanosine	Phenyltoloxamine resinate
Sufentanil citrate		Tramadol	Diethylcarbamazine citrate	Phenytoin <i>Diphenylhydantoin</i>
		Trimethoprim	Ephedrine hemihydrate	Phenytoin sodium
			Ephedrine hydrochloride	Pramocaine hydrochloride
			Ephedrine sulfate	Prilocaine
SINTEFINA Diadema - SP		DIOSYNTH Barueri – SP	Etafedrine hydrochloride	Prilocaine hydrochloride
Alprazolam			Flurazepam	Propylthiouracil <i>4-Oxo-</i> <i>6-propyl-thio-1,3-</i> <i>pyrimidine</i>
Bromazepam		Chondroitin sulfate	Flurazepam monohydrochloride	Pseudoephedrine hydrochloride
Clonazepam		Codeine	Fosphenytoin	Pseudoephedrine hydrochloride
Cloxacolam		<i>Methylmorphine</i>	Ganciclovir sulfate	Ribavirin
Diethylpropion hydrochloride		Codeine phosphate	Haloperidol	Spironolactone
<i>Amfepramone</i> <i>hydrochloride</i>		Codeine sulfate	Indinavir sulfate	Stavudine
Fenproporex hydrochloride		Desogestrel	Isometheptene hydrochloride	Thiabendazole <i>4-(2-</i> <i>Benzimidazolyl)-thiazole</i>
Lorazepam		Estradiol 17- phenylpropionate	Isometheptene mucate	Tinidazole
Midazolam		Estriol		Tramadol hydrochloride
Midazolam maleate		Estriol succinate		Zalcitabine
Phenylephrine hydrochloride		Heparin		Zidovudine <i>AZT</i>
		Heparin calcium		
		Heparinoid		
		Heparin sodium		
		Morphine hydrochloride		
		Morphine sulfate		
		Tibolone		

e “technology push”), para que as vantagens nanotecnológicas sejam rapidamente traduzidas em benefícios ao consumidor.

Um outro esforço, envolvendo um grande número de empresas, entidades e pessoas, foi feito no âmbito da “Vision 2020”²², um processo colaborativo liderado pela indústria, para acelerar a inovação e o desenvolvimento tecnológico através da mobilização de recursos materiais e humanos. Um resumo das motivações e objetivos do grupo foi divulgado nos seguintes termos: “Nanotechnology is an important new research area. The chemical industry may be the only industry with R&D capabilities and expertise to commercialize nanotechnology advances.... Consequently, the chemical industry

should have a voice in the selection of R&D topics pursued by the Federal government. The chemical industry, along with the electronics industry, are the two industries that have the most to benefit from guiding the nanotechnology R&D funding. Vision2020 is currently working to improve communication with nanotechnology funding agencies to make sure they are focusing on areas relevant to the industry. The systematic research in nanotechnology is just beginning. The infrastructure is forming. The integration of new phenomena into macroscopic systems is not yet being emphasized.” Esse grupo produziu um documento exemplar, o “Nanomaterials and the Chemical Industry R&D Roadmap Workshop: Preliminary

Results”, de 2002, que pode ser obtido da Internet²³.

Portanto, é possível resumir a situação de forma muito simples: a indústria química é um dos setores da economia que mais tem a ganhar com a nanotecnologia, e a nanotecnologia depende grandemente, para expressar-se, da indústria química.

No Brasil, esta situação é ainda mais claramente definida, não apenas pela força da indústria química como também pela fraqueza da indústria de semicondutores e de equipamentos para as tecnologias da informação. Graças a esta situação, os desenvolvimentos tecnológicos nesta área, no Brasil, estão quase completamente confinados ao setor químico, destacando-se os projetos de nanocompósitos poliméricos da Braskem e do grupo Suzano, e o caso do Biphor, um pigmento branco feito de fosfato de alumínio nano-estruturado^{24,25}.

Inovação: Biotecnologia

Os impactos da biotecnologia na indústria química são tão amplos e diversificados quanto os da nanotecnologia. Para efeito de discussão, as biotecnologias serão classificadas em dois grupos: “de processos, inclusive fermentativos” e “genômicas”, reconhecendo que há uma extensa interface entre os dois.

O primeiro grupo é representado, por exemplo, pela produção de álcool etílico e outros produtos de biomassa, usando processos fermentativos ou não. Um caso importante é o das empresas de agronegócio que se tornaram produtoras químicas, como a Archer Daniels Midland (ADM) e Cargill, nos Estados Unidos, a Ajinomoto japonesa e outras. Nos últimos anos, estas empresas deslocaram o etanol petroquímico para fora do mercado global, processo este que no Brasil ocorreu desde sempre. Seus produtos competem hoje com vários petroquímicos: agentes de coalescência da Eastman, astaxantina da BASF e DSM, propilenoglicol e etilenoglicol da Dow, Lyondell e outras, termoplásticos como os poli(hidroxialcanoatos)²⁶. Em 2006, a Cargill tornou-se fornecedora de polióis (que são tradicionalmente derivados de petróleo) produzidos a partir de óleos vegetais, para a indústria de poliuretanos²⁷. A Ajinomoto tem uma importante operação no Brasil, produzindo 72 mil toneladas de lisina por ano, em Valparaíso, SP, e mais 60 mil toneladas em Pederneiras, SP, usando matérias-primas derivadas da cana de açúcar²⁸.

Quanto às tecnologias genômicas, as possibilidades são absolutamente fantásticas e podem ser exemplificadas com o atual esforço de fabricação de fibras poliméricas baseadas na inserção de genes de aranhas em cabras, vacas ou outras espécies²⁹. Neste caso concreto, o leite de cabras transgênicas produz proteínas de teias de aranhas, que são reconhecidamente as fibras mais resistentes existentes em todo o mundo. Portanto, um rebanho de cabras, associado a uma usina de processamento do leite e extração de proteína de fibras, pode vir a competir com os produtores de fibras de aramida, de carbono e outras fibras de alto desempenho.

Tecnologias da informação

As tecnologias da informação têm permitido um grande aumento no acesso à informação científica e tecnológica. Poucos anos atrás, o discurso de muitos pesquisadores costumava incluir longas lamentações sobre a impossibilidade de uma pessoa, por mais bem preparada que fosse, manter um efetivo acompanhamento da literatura científica e tecnológica. Essa situação mudou radicalmente. Um exemplo dramático é o de patentes: há duas décadas, um brasileiro que precisasse fazer buscas sobre patentes tinha de recorrer ao Chemical Abstracts, que lhe fornecia resumos, ou à revista do INPI. Para obter documentos completos, a solução mais viável era dirigir-se ao banco de patentes do INPI, no Rio de Janeiro, o que exigia um

esforço físico e financeiro significativo.

Hoje, as buscas podem ser efetuadas usando algum dos vários bancos e ferramentas de recuperação de informação. Qualquer pessoa que tenha acesso à Internet pode fazer buscas no USPTO³⁰ e na base européia Espacenet³¹, recuperando documentos completos, em minutos. O Google Patents, ainda incipiente, poderá trazer uma nova revolução na acessibilidade de patentes.

Outros impactos das TIs sobre a inovação química se fazem sentir nos laboratórios, desde os robôs que realizam experimentos até as múltiplas técnicas de simulação e modelagem, de planejamento experimental, análise de resultados e reconhecimento de padrões.

“COMMODITIES”, ESPECIALIDADES E INOVAÇÃO

Existe no Brasil uma grande confusão, que gera afirmações como a seguinte: “mais da metade da produção da indústria química brasileira é formada por produtos de uso industrial, que são “commodities”, portanto agregam pouca tecnologia”. De fato, essa idéia é muito difundida mas ela transmite um erro fundamental: o de que seria possível produzir “commodities”, competitivamente, sem um aporte contínuo e intensivo de tecnologia.

É essencial corrigir esse e outros erros que derivam da mesma falha de apreciação, que confunde o baixo valor unitário dos produtos com baixo valor agregado. Produtos para alimentação, habitação e transportes, que são absolutamente essenciais, se forem bem sucedidos terão de ser fabricados em quantidades de centenas de milhares ou milhões de toneladas. Para atenderem às suas finalidades, seu valor unitário não pode ultrapassar uns poucos milhares de reais por tonelada. Isso não quer dizer que possam ser fabricados com sucesso, sem a contínua incorporação de novo conhecimento científico e tecnológico. Quem pretender fabricar ácido sulfúrico (ou qualquer outro produto), hoje em dia, usando técnicas superadas, será duplamente expulso da cena: pelo mercado e pelos órgãos ambientais.

O Brasil tem mostrado uma enorme competência na produção de commodities, de forma competitiva e conseguiu isso graças a um enorme e contínuo aporte de tecnologia, que se estende já por décadas. Não há porque acharmos que isso é negativo, por mais que autoridades desinformadas o repitam continuamente.

A INDÚSTRIA QUÍMICA E O AMBIENTE

Uma descrição isenta dos conflitos institucionais e sociais causados por danos ao ambiente, nos quais a indústria química teve um papel preponderante ou acessório é um texto de Hoffman³², que analisa o debate público e institucional desencadeado pelo livro de Rachel Carson³³ “Silent Spring”, bem como as respostas institucionais da indústria química, especialmente as expressas pelo periódico “Chemical Week”.

A fabricação de produtos químicos oferece riscos em várias escalas. Exemplos importantes do passado recente são a produção de clorofluorocarbonetos e seu impacto sobre a camada de ozônio da alta atmosfera; os acidentes de Bhopal³⁴, na Índia, e Seveso (Itália), nos quais vazamentos de instalações de produção química causaram mortes humanas; os casos recentes de novos produtos farmacêuticos que tiveram de ser retirados abruptamente do mercado, devido a efeitos colaterais que haviam sido minimizados ou desconsiderados, antes do seu lançamento.

Hoje, a indústria química investe intensamente em equipamentos de controle, em novos sistemas gerenciais e em processos tecnológicos visando à redução dos riscos de acidentes. No Brasil, a Abiquim implantou os seguintes programas de redução de riscos, que têm tido bastante sucesso³⁵:

- Programa de Atuação Responsável: criado em 1992, institui procedimentos de melhoria na atividade industrial, como na diminuição da emissão de efluentes e de geração de resíduos, na saúde ocupacional, na segurança no transporte e no atendimento a emergências. Para evitar riscos ao meio ambiente, é analisado todo o ciclo de vida de um produto químico.

- SASSMAQ – Sistema de Avaliação de Segurança, Saúde, Meio Ambiente e Qualidade: implantado em 2001 com o objetivo de avaliar transportadoras para aumentar a segurança no transporte, a estocagem e a distribuição de produtos químicos. Esse programa é especialmente importante no Brasil, devido às graves insuficiências da infra-estrutura de transportes que leva o transporte de cargas a ser feito principalmente em caminhões, circulando em estradas precárias que atravessam grandes cidades.

- Pró-química: sistema que opera 24 horas por dia para fornecer informações sobre os procedimentos com relação aos produtos químicos em situação de emergência.

Esses programas vêm cumprindo seu papel, a julgar pela pouca presença da indústria química no vasto e intenso noticiário brasileiro sobre catástrofes, acidentes e violência. Eles são exemplos da responsabilidade civil, que deve ser continuamente demonstrada pela indústria e pelos profissionais da química, para que seja mantido o direito de operar.

PRECAUÇÃO E REGISTRO

As preocupações ambientais exigem esforços no sentido de se proteger o público e o meio ambiente de problemas derivados das atividades industriais e do uso dos produtos da indústria, de qualquer setor, mas com destaque para o setor químico.

Uma maneira de se dar aos órgãos públicos e ao público em geral um controle de riscos tem sido o registro de produtos, praticado de diferentes maneiras em diferentes países. É indubitável que a falta de controles e registros seja indesejável, causando prejuízos de toda a ordem. Por outro lado, o excesso de controles e de precaução tem como consequência, no limite, a paralisia de qualquer atividade inovadora.

Nesta área, o foco de maior atenção é uma iniciativa legislativa da União Européia, conhecida por REACH³⁶ (Registration, Evaluation and Authorization of Chemicals). Suas motivações são complexas e as consequências são ainda imprevisíveis. Os debates sobre esta legislação estão sendo extremamente acesos na Europa³⁷ e mesmo fora dela e os seus efeitos sobre os não-europeus poderão ser muito intensos. Seja como for, os debates sobre o REACH terão consequências muito importantes sobre o desenvolvimento futuro da indústria química, a sua geografia e sobre a inovação.

O QUE INTERESSA É A FUNÇÃO

Produtos da indústria química preenchem muitas funções na indústria, agronegócio, serviços e vida pessoal. Substituem e são substituídos por outros produtos, ou por mudanças em padrões de vida. Por exemplo, a aspirina, como analgésico, compete com a acupuntura, eletroterapias e do-in, entre outras terapias. O seu enorme e já secular sucesso deve-se à rapidez, eficiência e segurança com que a aspirina desempenha sua função analgésica, em uma grande maioria da população humana.

A demanda por produtos químicos é, portanto, causada pela sua eficiência em desempenhar inúmeras funções, seja no próprio corpo humano, seja em todo o ambiente antrópico. Isso não pode ser esquecido, ao se pensar nas mudanças que poderão ocorrer na atividade química, nas próximas décadas. Mudanças em funções requeridas pela humanidade provocarão a redução na demanda por algumas subs-

tâncias químicas ao lado do aumento na demanda de outras.

Um exemplo dessas mudanças, já presente, é o da introdução de combustíveis de biomassa. Muitos materiais usados em automóveis, até recentemente, tinham entre suas características mais importantes a resistência a hidrocarbonetos, especialmente à gasolina e aos lubrificantes derivados do petróleo. Essa situação muda, nos automóveis a álcool e se torna um pouco mais complexa nos autos “flex”, que requerem partes resistentes ao álcool e também à gasolina. No caso de lubrificantes, o uso de combustíveis baseados em ésteres, como o biodiesel, também introduz diferenças com relação aos lubrificantes derivados de petróleo, embora menos pronunciadas que no caso do álcool vs. gasolina.

A substituição de cinescópios de televisão por “displays” de cristais líquidos, plasma ou de emissão de campo, faz desaparecer um importante mercado de materiais luminescentes, uma eventual eletrônica molecular fará reduzir a demanda pelas muitas substâncias usadas na microeletrônica baseada em silício, e assim por diante.

Da mesma forma, a genômica tem trazido soluções para a agricultura que implicam em uma redução importante no consumo de defensivos e agroquímicos. Isto tem levado empresas como a DuPont a mudarem suas estratégias de desenvolvimento, reduzindo atividades químicas ao mesmo tempo em que aumentam atividades no desenvolvimento de sementes, seguindo um caminho que já tem sido bastante explorado pela Monsanto.

Por outro lado, algumas necessidades humanas são muito perenes: alimentação, higiene, saúde, transporte, habitação, segurança, vestuário, cultura e lazer. A satisfação de todas estas necessidades exige o consumo de quantidades enormes e crescentes de substâncias químicas. Muitas destas, como o sabão, os fertilizantes, as substâncias usadas na purificação de água e tratamento de efluentes, entre muitas outras, são apanágios da vida civilizada e continuarão provavelmente a fazer parte de nossas vidas nos próximos séculos. Além disso, deverão ser produzidas em quantidades crescentes, na medida em que a população humana aumente e que populações hoje miseráveis tenham alguma melhoria na sua qualidade de vida. Essa é uma das lições do que se passa hoje na China: uma mudança na gestão econômica do país provocou um imenso aumento na demanda por matérias-primas de todos os tipos, especialmente dos produtos químicos – com reflexos no mundo todo.

CONCLUSÕES

A atividade industrial química está passando por mudanças importantes, causadas por várias ameaças e pela percepção de novas oportunidades. No caso do Brasil, o cenário tem componentes bastante positivos, seja do lado das matérias-primas, seja do lado da demanda e da competitividade ou ainda do lado da inovação. Urge explorar essas oportunidades.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, pelas bolsas concedidas. Esta é uma contribuição do Instituto do Milênio de Materiais Complexos. A D. C. Frazão pela sua contribuição no levantamento de dados.

REFERÊNCIAS

1. Wongschowski, P.; *Indústria Química: Risco e Oportunidades*, 2ª ed., Edgar Blucher: São Paulo, 2002.
2. Miron, M. V. G.; Cavalcanti, F. C. B.; Wongschowski, P.; *Quim. Nova* **2005**, 28 (Supl.), S86.
3. Politzer, K.; *Quim. Nova* **2005**, 28 (Supl.), S76.
4. Oliveira, N. B.; *Quim. Nova* **2005**, 28 (Supl.), S79.
5. “Facts and Figures”; *Chem. Eng. News* **2006**, 84 (28), 36.

6. <http://www.amrresearch.com/Content/View.asp?pmillid=20086>, acessada em Fevereiro 2007.
7. Technology Vision 2020 – The U.S. Chemical Industry. American Chemical Society, American Institute of Chemical Engineers, Chemical Manufacturers Association, Council for Chemical Research, Synthetic Organic Chemical Manufacturers Association, 2002.
8. <http://www.chemconference.com/events/GlobalOutlook07/index.php?eventsfolder=GlobalOutlook07&menuTitle=The%203rd%20Annual%20Chemical%20Industry%20Global%20Outlook%202007>, acessada em Fevereiro 2007.
9. http://www.southerncompany.com/gapower/grc/pdf/chemical/4_growth.pdf, acessada em Fevereiro 2007.
10. <http://www.finnfacts.com/english/company/chemical.html>, acessada em Fevereiro 2007.
11. Storck, W. J.; *Chem. Eng. News* **2006**, 84 (10), 46.
12. <http://www.uic.fr/us/actualite02-c3.htm>, acessada em Fevereiro 2007.
13. “World Chemical Outlook”; *Chem. Eng. News* **2007**, 85 (2), 13.
14. <http://www.abiquim.org.br/conteudo.asp?princ=ain>, acessada em Fevereiro 2007.
15. <http://www.abiquim.org.br/conteudo.asp?princ=ain&pag=estat>, acessada em Fevereiro 2007.
16. <http://www.desenvolvimento.gov.br/arquivo/ascom/imprensa/20060404balancoPITCE.pdf>, acessada em Fevereiro 2007.
17. <http://www.abiquif.org.br/principal.htm>, acessada em Fevereiro 2007.
18. www.ache.com.br/scripts/phytomedica/lancamentos.asp, acessada em Fevereiro 2007.
19. http://www2.cristalia.com.br:8080/cristalia/site/imprensa/artigo_in.jsp?id=75&typeid=1, acessada em Fevereiro 2007.
20. Suppes, G. S.; *Appl. Catal., A* **2005**, 281, 225.
21. Zhao, Q. Q.; Boxman, A.; Chowdhry, U.; *J. Nanoparticle Res.* **2003**, 5, 567.
22. <http://www.chemicalvision2020.org/>, acessada em Fevereiro 2007.
23. <http://www.chemicalvision2020.org/nanotechnology.html>, acessada em Fevereiro 2007.
24. <http://www.biphorpigments.com>, acessada em Fevereiro 2007.
25. Rosseto, R.; Santos, A. C. M.; Galembeck, F.; *J. Braz. Chem. Soc.* **2006**, 17, 1465.
26. McCoy, M.; *Chem. Eng. News* **2006**, 84(2), 32.
27. Nota em *Chem. Eng. News* **2006**, 84(11), 22.
28. http://www.lisina.com.br/noticias/noticias_destaque.asp?Acao=Noticia&ea_id=292, acessada em Fevereiro 2007.
29. <http://news.bbc.co.uk/1/hi/sci/tech/889951.stm>, acessada em Fevereiro 2007.
30. <http://www.uspto.gov/>, acessada em Fevereiro 2007.
31. <http://www.espacenet.com/>, acessada em Fevereiro 2007.
32. Hoffman, A. J.; *Academy of Management Journal* **1999**, 42(4), 351.
33. <http://www.rachelcarson.org/>, acessada em Fevereiro 2007.
34. www.unioncarbide.com/bhopal, acessada em Fevereiro 2007.
35. <http://www.abiquim.org.br/conteudo.asp?princ=atu>, acessada em Fevereiro 2007.
36. <http://www.reachlegislation.com/>, acessada em Fevereiro 2007.
37. <http://news.bbc.co.uk/2/hi/europe/4446880.stm>, acessada em Fevereiro 2007.