

EVOLUÇÃO E TENDÊNCIAS DA PESQUISA NA QUÍMICA BRASILEIRA

Maria A.H. Cagnin

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

Recebido em 17/07/90; cópia revisada em 23/05/91

The objective of this paper is to investigate, at the national and regional levels, the patterns of the Brazilian scientific development of selected research topics in different fields and subfields of Chemistry. It also looks at those topics which are important for interdisciplinary cooperations, and the consequent needs of such research activity. The topics were prioritized and scrutinized, based on the researcher's evaluations which emerged from the analysis of specific answers to a previous survey, conducted by the Brazilian Chemical Society (SBQ), among its members – the great majority of them linked to academic research centres. By examining the historical evolution of the elected topics, aggregated into their correspondent fields and subfields of Chemistry, and correlating them with the world trends which have been designed for the future scientific and technological advancement in the Chemistry research, it was possible to stress the topics where research activities should be strengthened, due to any local comparative advantage. The paper also explores the correlation between scientific underdevelopment and weakness of the endogenous chemical industry, especially in some strategic or intensive knowledge fields, which require multidisciplinary research team organization and specific university – industry linkages. Finally, taking into account the Brazilian chemical research bottleneck and the outcomes of this study, suggestions to start a process of change towards the future are pointed out, mainly at the several stages of the chemical education, from the academic and industrial perspectives.

INTRODUÇÃO

A Sociedade Brasileira de Química (SBQ) enviou a todos os seus associados um questionário onde solicitava que cada membro discriminasse dois conjuntos de até três especialidades, em cada subárea da Química. O primeiro deles deveria conter as especialidades de melhor progresso científico relativo atual e o segundo, aquelas com necessidade de maiores estímulos ao seu desenvolvimento. Foi requerida, ainda, a explicitação de um tema prioritário de pesquisa na área da Química onde a abordagem interdisciplinar fosse essencial.

O presente trabalho busca explorar a percepção dos pesquisadores sobre os conjuntos referidos e sobre os temas prioritizados para uma abordagem multidisciplinar da pesquisa, com vistas à formulação de uma política de fomento oficial para a Química¹.

ABORDAGEM METODOLÓGICA

As 168 respostas recebidas pela SBQ foram organizadas considerando a origem regional e a subárea do pesquisador. Determinou-se posteriormente, para cada subárea, a frequência de citação em cada especialidade².

A amostra trabalhada apresenta o seguinte perfil: 68% (115) são doutores, 19% (32) são mestres e 10,2% (17) são alunos de pós-graduação e profissionais graduados. Foram desprezadas, por sua indeterminação, quatro respostas. A amostra capta, portanto, a percepção de indivíduos em diversas fases do processo social da ciência, mas é determinada fundamentalmente pelo julgamento dos mais aptos e experientes, o que lhe confere maior validade e legitimidade. Deve-se ainda enfatizar que a amostra é representativa, quer do ponto de vista da distribuição geográfica dos pesquisadores em

Química, quer do ponto de vista da sua distribuição pelas tradicionais subáreas da Química³.

ANÁLISE DAS RESPOSTAS

Química Orgânica

Representatividade da Amostra

Os químicos orgânicos constituem 39% (66) da amostra, sendo em sua maioria (41) doutores. A maior parte concentra-se na região Sudeste (29 – 90% doutores), seguindo-se o Sul (12 – 58% doutores), o Norte (11 – 18% doutores), o Centro-Oeste (8 – 50% doutores) e o Nordeste (5 – 60% doutores).

Especialidades da Subárea

A Tabela 1 evidencia que, para os químicos orgânicos, há uma relação direta entre o grau de evolução de cada especialidade e a maior demanda de recursos para o seu fomento. Portanto, quanto mais uma dada especialidade é caracterizada como bem desenvolvida, maior sua exigência de estímulos. Parece haver, neste caso, uma melhor conscientização do atraso do país em relação aos países desenvolvidos, do que nos casos de uma força de pesquisa mais incipiente, sem massa crítica mínima de pesquisadores qualificados (essa força almejaria, em primeiro lugar, estruturar-se, para depois competir).

Conforme a Tabela 1, os pesquisadores dedicados à **Química de Produtos Naturais** (QPN) consideram-na, simultaneamente, como a especialidade de maior progresso (notoriamente na Fitoquímica) e a que deveria receber maiores estímulos, em particular, o desenvolvimento de metodologias

Tabela 1 – Especialidades da Química Orgânica bem desenvolvidas (A) e a serem estimuladas (B), por região.

ESPECIALIDADE	NÚMERO DE RESPOSTAS											
	NORTE		CENTRO-OESTE		NORDESTE		SUDESTE		SUL		TOTAL	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Fis. Quim. Orgânica	–	–	–	3	–	–	2	2	5	–	7	5
Quim. Org. Sintética:												
básica	–	1	3	2	–	2	7	8	–	2	10	15
aplicada	–	1	–	2	–	3	1	8	–	5	1	19
Quim. Prod. Naturais:												
básica	3	9	–	4	4	10	22	10	2	5	31	38
aplicada	–	2	–	1	–	–	–	–	–	–	–	3
TOTAL	3	13	3	12	4	15	32	28	7	12	49	80

analíticas de determinação estrutural de compostos naturais isolados e as investigações sobre os componentes de plantas medicinais e tóxicas. Indicações quanto à necessidade de avanço dos estudos quimiosistemáticos concentraram-se no Sudeste e no Norte do País.

A noção de aplicabilidade das pesquisas em QPN é ainda muito discreta, restringindo-se às menções de seu uso na medicina popular (Nordeste) e como fonte de energia alternativa (Norte).

A Química Orgânica Sintética é considerada bem desenvolvida pelos pesquisadores do Centro-Oeste e do Sudeste. Constata-se que há uma clara e generalizada preocupação de estimular o seu progresso, quer do ponto de vista da pesquisa fundamental (com o estudo de sínteses totais e parciais de inúmeras classes de substâncias, incluindo as de origem natural que apresentam atividade biológica potencial; o desenvolvimento de novos métodos sintéticos e a aplicação de métodos de síntese na preparação de compostos bioativos), quer relativamente aos seus aspectos mais aplicados, através do desenvolvimento de sínteses de produtos orientados para a designação Química Fina, explorando, sobretudo, a utilização de matérias-primas que sejam produtos naturais abundantes.

Há, portanto, uma predisposição explícita dos químicos orgânicos sintéticos para contribuir com o desenvolvimento endógeno do setor industrial de Química Fina, altamente desnacionalizado (em cerca de 75-80%) e de importância estratégica⁴, posto que é supridor vital de vários segmentos industriais de ponta, como o de defensivos agrícolas e de alimentos (eixos bem caracterizados nas respostas vindas do Sul do país) e de medicamentos (campo onde mais incidiram as indicações do Norte, Centro-Oeste, Nordeste e Sudeste), entre outros.

A vontade expressa dos pesquisadores de inserir, no contexto da pesquisa fundamental, articulações tecnológicas e sociais encontra, na atualidade, condições apropriadas na burocracia universitária, devido à existência de instrumentos legais viabilizadores da prestação de consultoria ao setor produtivo. No âmbito do Estado, existem também instrumentos específicos para incrementar a articulação universidade/indústria, como o Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (PADCT) e o Programa de Formação de Recursos Humanos em Áreas Estratégicas (RHAÉ). Entretanto, a baixa rentabilidade e competitividade das empresas nacionais (devido ao mercado interno restrito, à precariedade e ineficiência do uso do Poder de Compra do Estado, via fundamental para o atendimento da grande maioria da população excluí-

da economicamente do mercado), associada à visão imediatista do empresário gera, na maioria dos casos, pouca propensão em investir na pesquisa, acarretando uma crescente fragilidade tecnológica ao país. Essa deficiência é agravada pela ausência de uma política governamental definida para o setor apesar das linhas amplas lançadas pelo novo governo, a partir das chamadas “Diretrizes Gerais para a Política Industrial e de Comércio Exterior”⁵. Como consequência, a utilização dos instrumentos disponíveis à integração ciência/sociedade tem sido comprometida.

Quanto à Físico-Química-Orgânica, ela é considerada bem desenvolvida no Sul (com maior ênfase para o estudo de reações micelares), e no Sudeste (investigação de mecanismos de reações orgânicas em geral). No Norte, Nordeste e Centro-Oeste as atividades de pesquisa nesta especialidade são praticamente nulas, embora sejam mencionadas no Centro-Oeste (bem como no Sudeste), quanto à necessidade de estimular o seu desenvolvimento.

A aplicabilidade das pesquisas em Físico-Química-Orgânica não foi realçada pelos seus pesquisadores.

Considerações sobre a Evolução e o Futuro da Subárea

A Química Orgânica, no país, constitui um campo de pesquisa onde é marcante a contribuição dos químicos acadêmicos⁶, sendo considerado o mais amadurecido e emancipado⁷. De fato, quanto às atividades desenvolvidas nos departamentos ou institutos de Química das Instituições de Ensino Superior, é a subárea que detém a mais alta produção científica formal, que é prevalentemente disseminada em revistas de circulação internacional⁸. Entretanto, ao se contextualizar a subárea numa concepção mais ampla e adequada da pesquisa em Química, verifica-se que, nos anos 70, além de sua contribuição relativa a todas as publicações brasileiras em Química ter sido de apenas 6%, as condições em que se dão suas atividades de pesquisa no país levam-na a ser 23% menos ativa que a norma mundial⁶.

A base fundamental do progresso da Química Orgânica brasileira repousa na Química de Produtos Naturais, especialidade com maior tradição de pesquisa no país. Seus primórdios datam do século XIX⁹ e o seu pioneirismo permitiu a institucionalização da pós-graduação em Química nos moldes norte-americanos, quando da criação, em 1963, do curso de pós-graduação em QPN, no atual Centro de Pesquisa em Química de Produtos Naturais da Universidade Federal do

Rio de Janeiro (UFRJ)⁷.

Em nível mundial, a QPN, que foi no passado a base dos primeiros avanços na Química de corantes, pesticidas e medicamentos¹⁰ (quando as idéias e informações usadas pelos pesquisadores da indústria química da época vieram diretamente do trabalho acadêmico)¹¹, tornar-se-á um campo vigoroso de pesquisa no futuro, com repercussões profundas no setor industrial, pelo fato de envolver substâncias naturais biodegradáveis e intrinsecamente não mutagênicas, cuja identificação vem sendo acelerada e facilitada pelo desenvolvimento de técnicas analíticas cada vez mais sofisticadas, precisas e rápidas¹².

A busca de moléculas bioativas de plantas e de animais, incluídos os aquáticos como algas e fitoplânctons, entre outras fontes, constitui um vasto e promissor campo da QNP. O Brasil, com sua imensa biodiversidade e experiência de pesquisa acumulada na QPN, poderá transformar esta especialidade em um efetivo agente portador de futuro¹³, caso consiga vencer as barreiras existentes ao seu desenvolvimento que são, inclusive, comuns às demais especialidades da Química: pouca densidade de pesquisadores; generalizada obsolescência instrumental (ponto mais crítico, no caso); dificuldades de manutenção da maquinaria científica; obstáculos à importação de insumos e subordinação da pesquisa a recursos extra-orçamentários, acrescida da burocracia e da morosidade de sua liberação, sem a devida correção da desvalorização monetária ocorrida no período.

A Química Orgânica Sintética e a Físico-Química Orgânica são especialidades de desenvolvimento mais recente no país, cujo marco foi a criação do Departamento de Química da Universidade de São Paulo (1934)⁹. Seu progresso nos últimos anos é considerado expressivo pelos seus pesquisadores^{7, 14}.

Na Química Orgânica Sintética, a síntese de substâncias naturais é considerada de futuro altamente promissor posto que, além dessas substâncias terem, muitas vezes, aplicação econômica direta, são, sobretudo, pontos de partida para a obtenção de novas moléculas mais estáveis e mais específicas para uso agrícola e humano (medicamentos, por exemplo). Sob uma ótica mais abrangente, independentemente da origem da matéria prima a síntese orgânica "permanecerá como a tecnologia mais importante na manufatura de drogas"¹⁵ ou medicamentos, para a qual assume relevância especial a busca de processos de mais baixo custo que levem em conta, também, a

segurança e preservação do meio ambiente¹⁵.

O desenvolvimento da Físico-Química foi e continua sendo vital à Química Orgânica, posto que a aplicação de conceitos e métodos físicos aos compostos orgânicos e às suas reações vem implicando no aprimoramento e em mudanças das metodologias desta subárea, afetando, inclusive, a atitude e a criatividade do químico, no que diz respeito à identificação de seus objetivos e ao delineamento dos meios para alcançá-los¹⁶. Neste aspecto, é possível antecipar-se um significativo desenvolvimento da subárea, em nível internacional, buscando respostas a grandes questões da Biologia, como a origem da vida e a base molecular da memória¹⁵.

Constata-se, assim, que a tendência mundial das pesquisas em Química Orgânica é a da abordagem mais integrada e interdisciplinar, onde os aspectos químicos, físicos e, especialmente, os biológicos estão necessariamente interconectados^{10, 12}. Em termos nacionais, há que se ressaltar as vantagens comparativas do país, dada a riqueza do ambiente tropical, o que favorece potencialmente as atividades de pesquisa em vários campos desta subárea, especialmente se for considerada a abordagem interdisciplinar. Entretanto, muitas dessas vantagens não ficaram devidamente explícitas nas respostas ao questionário da SBQ, em particular no caso da Química de Produtos Naturais.

QUÍMICA INORGÂNICA

Representatividade da Amostra

A Química Inorgânica está representada na presente amostra por 25 (15%) indivíduos, sendo que 72% são doutores. Regionalmente, prepondera a contribuição dos pesquisadores do Nordeste (12 – 75% doutores), vindo em seguida os do Sul (7 – 71% doutores) e do Sudeste (5 – 60% doutores). Há a participação de um doutor no Centro-Oeste, inexistindo qualquer contribuição do Norte.

Especialidades da Subárea

Nota-se, na Tabela 2, que Compostos Inorgânicos e Reações foi a especialidade considerada como tendo o melhor desenvolvimento, especialmente quanto à síntese, caracterização, análise estrutural e reações de compostos de coordenação (principalmente de elementos de transição e lantanídeos). Foi também a segunda especialidade mais indicada co-

Tabela 2 – Especialidades da Química Inorgânica bem desenvolvidas (A) e a serem estimuladas (B), por região.

ESPECIALIDADE	NÚMERO DE RESPOSTAS											
	NORTE		CENTRO-OESTE		NORDESTE		SUDESTE		SUL		TOTAL	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Fis. Quim. Inorgânica	-	-	-	-	-	5	2	5	-	4	2	14
Compostos Inorg. e Reações*	-	-	-	1	5	5	-	4	1	3	6	13
Compostos Inorg. Industriais	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	2
TOTAL	-	-	-	1	5	12	2	9	1	7	8	29

* inclui Química Bio-Inorgânica e Química de Organometálicos.

mo merecedora de estímulos, sobretudo no que se refere às pesquisas em Química Bio-Inorgânica, do Estado Sólido ou de Materiais Inorgânicos e de Organometálicos.

A especialidade a ser prioritariamente estimulada, conforme sugerido pelo levantamento da SBQ, é a **Físico-Química-Inorgânica**, aí incluídas a Catálise e a Cinética e Mecanismos de Reações Inorgânicas (interpenetrando a primeira na Química do Estado Sólido e na de Organometálicos, e a segunda na Química de Coordenação).

No que diz respeito ao estímulo da parte mais aplicada da Química Inorgânica – aqui designada de **Compostos Inorgânicos Industriais** – as poucas menções mais diretas advieram do Nordeste e referem-se ao desenvolvimento de produtos de Química Fina, através da exploração dos minérios abundantes na região.

Considerações sobre a Evolução e o Futuro da Subárea

As condições para a pesquisa em Química Inorgânica no país surgiram com a fundação da Universidade de São Paulo e a vinda do professor de Química Inorgânica e Química Analítica Heinrich Rheinboldt interessado, entre outros campos, na Química de Compostos de Coordenação¹⁷. Porém, a subárea ganhou efetiva consistência em 1960, quando da implantação das linhas de pesquisa em Química de Coordenação de Lantanídeos¹⁸. Novo salto qualitativo resultou do programa conjunto Conselho Nacional de Pesquisa e Academia Nacional de Ciências dos Estados Unidos (CNPq/NAS)¹⁸, vigente no período 1969/1976. Este programa possibilitou a criação de novos grupos de pesquisa, tendo contribuído significativamente para elevar os padrões da pesquisa brasileira, apesar de seu objetivo principal não ter sido alcançado: o fortalecimento da pesquisa e o treinamento de capacidades nos campos conectados com a Indústria Química de Base, altamente prioritária na época, nos planos de desenvolvimento do governo brasileiro¹⁹.

A química de Compostos Lantanídicos disseminou-se, no país, a partir dos elementos pós-graduados na Universidade de São Paulo. Hoje, ela já se expandiu, abrangendo os estudos de íons lantanídicos tanto em sistemas cristalinos quanto nos sólidos amorfos: sinterização e caracterização de vidros e vitrocerâmicas¹⁴.

A expansão nas linhas de pesquisa em Química Inorgânica é caracterizada como significativa nos últimos sete anos¹⁸. No entanto, não é generalizada, concentrando-se na Química de Coordenação¹⁴. Além da subárea carecer de um progresso mais diversificado de suas especialidades, há, ainda, uma intensa endogenia de formação, que se restringe basicamente ao Estado de São Paulo^{7, 14}. Com efeito, o levantamento realizado no primeiro semestre de 1988¹⁸, com base nos anais dos quatro Simpósios bianuais de Química Inorgânica, realizado entre 1982 e 1988, mostra que cerca de 40% dos doutores e de 55% dos estudantes de pós-graduação desenvolvem suas atividades de pesquisa em São Paulo.

Constata-se ainda que, apesar de inúmeros problemas tecnológicos, tradicionais ou de ponta, estarem ligados à Química Inorgânica (metais, ligas, catalisadores, materiais supercondutores, cerâmicas odontológicas, entre outros), parece haver pouca motivação entre o restrito número de pesquisadores da subárea para enveredarem por esses rumos.

Um reflexo dessa postura é o já mencionado baixo número de respostas relacionadas ao desenvolvimento de seus campos mais aplicados (Tabela 2). As possíveis razões para esse com-

portamento seriam, por um lado, a pressão do efeito multiplicador esperado desses pesquisadores, via formação de novos recursos humanos e, por outro lado, a falta de elos entre a ciência e uma indústria nacional, ainda frágil, no setor.

Cita-se como exemplo de ausência de sintonia entre a universidade e a indústria, o que ocorre no campo da Catálise²⁰: enquanto a universidade está apta e predisposta a aprofundar o estudo da Catálise Homogênea, que é fundamental na manufatura de produtos de alto valor agregado como os de Química Fina, prevalece, como reflexo do estágio de desenvolvimento industrial brasileiro, a Catálise Heterogênea, de uso corrente na Química de Base, resistindo o empresário brasileiro à entrada na indústria do futuro, a Química Fina, fundamentada em maior conhecimento científico. A própria Catálise Heterogênea não é ainda autosustentável no país e a única firma existente – a Fábrica Carioca de Catalisadores –, resultante da decisão estratégica da Petrobrás “de nacionalizar a produção com internalização de tecnologia”, opera via absorção de tecnologia (joint-venture com a Akzo holandesa) e cláusulas contratuais restritivas²¹. Um aspecto altamente positivo a ressaltar é o efetivo domínio da tecnologia absorvida nesses dois anos de vida da FCC²².

A evasão de divisas do país no setor de Química Fina é indicador das causas de seu baixo nível de desenvolvimento endógeno⁴. No caso dos catalisadores industriais, estes acabam sendo importados pela indústria instalada no país, sob a forma de pacotes tecnológicos fechados²⁰. A dependência das importações é profunda, posto que mais de 95% dos produtos químicos passam por vários processos catalíticos, evidenciando o alto valor estratégico deste campo de pesquisa²³. A Catálise é, assim, um exemplo clássico de agente portador de futuro para o desenvolvimento do país, hoje condicionado a injunções de mercado, nem sempre viabilizadoras, quer da expansão, quer da implantação de novas indústrias químicas. Isto acaba por inibir a pesquisa acadêmica e a de desenvolvimento, a despeito de condições internas altamente favoráveis à disseminação e apropriação da pesquisa nesta especialidade, especialmente a existência de matéria-prima abundante a ser submetida cataliticamente às mais variadas transformações. Dentre os setores mais diretamente condicionados ao desenvolvimento da Catálise no país merecem citação especial o da poupança energética e o da poluição ambiental²⁴.

Em nível mundial, é no âmbito da Catálise que se situa uma interface particularmente ativa da pesquisa, considerada uma das fronteiras da Química²⁵. Essa interface é caracterizada pela crescente influência da Química Inorgânica na Química Orgânica Sintética – por exemplo, o desenvolvimento de catalisadores de metais de transição para reações de ciclização química, régio e estereo-seletivas, onde a importância fundamental é a especialização dos sistemas vivos neste tipo de controle²⁵. Pode-se citar, ainda, o papel fundamental que a catálise deverá desempenhar na área de combustíveis: transporte, operação de células a combustíveis e controle de emissões de auto-motores¹⁵.

No país, a Catálise é vista pelos químicos inorgânicos como uma oportunidade de renovação da pesquisa que, para avançar em direções mais proflucas, exige uma maior interação destes com os químicos orgânicos²⁶. O espaço institucional para essa interação e para o desenvolvimento da Catálise existe: o Programa Nacional de Catálise (PROCAT). Este programa foi iniciado por ação estratégica estabelecida no âmbito do Programa Nacional de Apoio à Química (PRONAQ), criado pelo CNPq em 1980²⁷. O PRONAQ, similarmente ao Programa

CNPq/NAS, objetivava fortalecer o setor químico via geração e absorção da Ciência e da Tecnologia pela Indústria Química Nacional²⁷. Sua extinção coincidiu com o estabelecimento do PADCT, que absorveu, na forma de subprogramas, várias das ações pretendidas pelo PRONAQ: a criação de um sistema eficiente de **Manutenção** de equipamentos; a capacitação tecnológica, incluindo as áreas de pesquisa, indústria e comércio no setor de **Instrumentação**; o provimento de **Insumos** essenciais aos laboratórios de ensino, pesquisa e desenvolvimento; e o próprio subprograma de **Química e Engenharia Química**²⁸.

O lado estratégico da Catálise – um possível bloqueio na importação de catalisadores²⁰ – possibilitou que esta especialidade, objeto de ação específica do PRONAQ, fosse assumida pela Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), transformando-se, então, no atual PROCAT (Programa de Catálise), que já se encontra na sua quarta fase²³.

Nos seus dez anos de existência, o PROCAT alavancou as atividades de pesquisa em Catálise, quer a nível da expansão dos recursos humanos (a Catálise, que contava em 1980, com apenas 10 mestres, passou a ter um contingente de 30 mestres e 10 doutores em 1990), quer em termos de sua produção científica (90 artigos publicados em revistas de circulação internacional em 1990, enquanto que, em 1980, a produção científica disseminada internacionalmente restringiu-se a 2 artigos²²). Ressalta-se, ainda, a implementação, em 1990, do Núcleo de Catálise (NUCAT), sediado na COPPE/UFRJ. Este núcleo conta com um laboratório especializado à disposição de toda a comunidade científica brasileira e visa a coordenar os esforços de pesquisa e de formação de recursos humanos. Um de seus objetivos é o de qualificar, nos próximos cinco anos, 15 doutores/ano, e 20 mestres/ano²².

QUÍMICA ANALÍTICA

Representatividade da Amostra

Na amostra trabalhada, 14% (24) das respostas provêm de químicos analíticos, a maioria doutores (17 ou 72%). A dis-

persão geográfica é a seguinte: três localizam-se no Nordeste (todos doutores), 9 no Sul (44% de doutores) e 12 no Sudeste (83% de doutores). Não houve contribuição das regiões Norte e Centro-Oeste.

Especialidades da Subárea

Nota-se, na Tabela 3, que a especialidade da Química Analítica, com atividades de pesquisa mais pronunciadas, e para a qual os pesquisadores também reclamam mais intensamente por estímulos, é a **Química Analítica Orgânica e Inorgânica**, particularmente no campo do Desenvolvimento de Métodos de Separação, Detecção e Determinação de Constituintes Químicos, Orgânicos e Inorgânicos. Todas as demais são consideradas pouco desenvolvidas, carecendo de estímulos específicos, sobretudo a **Química Ambiental** e a **Instrumentação/Automação Analítica**.

No que diz respeito à Química Ambiental, os pesquisadores do Sul e os do Estado de Minas Gerais explicitam a necessidade de um estudo mais aprofundado das sobrecargas ambientais advindas das atividades industriais, agropecuárias e de mineração. No Rio de Janeiro, em São Paulo, como também no Nordeste, a Química Ambiental é citada ou de forma genérica, ou associada especificamente à poluição ambiental.

A Tabela 3 mostra a ênfase dada às investigações em Geoquímica pelos pesquisadores do Nordeste – uma clara percepção da vocação da região no que diz respeito à exploração de seus recursos minerais. No Sudeste, as menções a essa especialidade vêm do Rio de Janeiro e são relativas ao estudo da Geoquímica Orgânica, basicamente af concentrado.

A identificação dos pesquisadores com os problemas de sua região ou com a pesquisa de cunho mais aplicado é também verificada nas proposições dos químicos analíticos do Sul, que especificam a necessidade de maior aprofundamento nas metodologias analíticas para pesticidas e alimentos. Sugestões idênticas advêm de químicos do Centro-Oeste e do Norte que, mesmo dedicados a outras especialidades da Química, evidenciam a importância dessas pesquisas, cujos resultados geram benefícios sociais abrangentes.

Tabela 3 – Especialidades na Química Analítica bem desenvolvidas (A) e a serem estimuladas (B), por região.

ESPECIALIDADE	NÚMERO DE RESPOSTAS											
	NORTE		CENTRO-OESTE		NORDESTE		SUDESTE		SUL		TOTAL	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Quim. Anal. Org. e Inorg.*	–	1	1	1	2	4	24	13	5	9	32	28
Instrument. / Automação	–	–	–	–	–	1	–	8	1	1	1	10
Quim. Ambiental	–	1	–	–	–	2	–	6	1	8	1	17
Geoquímica	–	–	–	–	–	4	2	1	–	–	2	5
Bioreguladores Agroquim.	–	1	–	1	–	–	–	1	–	1	–	4
Quim. de Alimentos	–	3	–	–	–	–	–	–	2	4	2	7
Quim. de Solos	–	–	–	1	–	2	–	1	–	–	–	4
TOTAL	–	6	1	3	2	13	26	30	9	23	38	75

Inclui a espectroanalítica, a eletroanalítica, a radioanalítica e os estudos analíticos cromatográficos.

Considerações sobre a Evolução e o Futuro da Subárea

A Química Analítica é a subárea mais carente da Química: ela comporta a menor produção científica nos anos 70 (disseminada prevalentemente em revistas nacionais)⁸; o menor contingente de pesquisadores contemplados com as bolsas específicas para este fim pelo CNPq, nas décadas de 70 e 80²⁹, além de vir disputando com a Química Inorgânica a menor parcela de recursos do Programa de Auxílios à Pesquisa do CNPq dirigidos à Química³⁰.

A Química Analítica é uma subárea peculiar e relevante como base real do avanço do conhecimento, nela coexistindo forte interdisciplinaridade e conotações aplicadas.

A interdisciplinaridade reside não só na necessária utilização de instrumentação e métodos analíticos pelas mais variadas linhas de pesquisa das demais subáreas da Química (o que torna todo químico um químico analítico por excelência), mas também na própria dependência do progresso da Química Analítica tanto de outras subáreas da Química como de outras áreas do conhecimento (Medicina, Biologia, Agronomia, Geologia, Física e Engenharia). Os interesses comuns acabam por catalisar o surgimento de abordagens alternativas aos problemas analíticos e, conseqüentemente, conduzem ao aprimoramento ou desenvolvimento de métodos e técnicas. Desta forma, novas ferramentas analíticas podem tornar-se disponíveis ao avanço da ciência básica e aplicada³¹. Sua conotação aplicada se prende à necessidade de perseguir objetivos específicos, particularmente quando da prestação de serviços a setores da produção. A Química Analítica é indispensável, por exemplo, ao levantamento dos recursos, sejam minerais, vegetais ou animais; ao controle da qualidade de produtos industriais destinados ao mercado e à exportação⁷; e ao desenvolvimento de métodos rápidos, sensíveis e específicos para diagnósticos clínicos³¹.

No país, um campo muito subdesenvolvido envolvendo a Química Analítica é o da pesquisa em Instrumentação/Au-

tomação. Há poucas empresas nacionais dedicadas à fabricação de instrumentos analíticos, que é restrita aos relativamente simples e com significativo grau de obsolescência em relação ao mercado internacional⁷. O já citado Subprograma de Instrumentação do PADCT objetiva ampliar o desenvolvimento nacional neste setor. Entretanto, seu impacto só poderá ser devidamente aquilutado a médio prazo.

FÍSICO-QUÍMICA

Representatividade da Amostra

O número de respondentes dedicados à Físico-Química equivale a 26% (43) do total de indivíduos da amostra, sendo que 80% são doutores. A distribuição regional é a seguinte: 7 do Nordeste e do Sul (sendo doutores, respectivamente, 71% e 44%), 28 do Sudeste (89% doutores), 1 doutor do Centro-Oeste, não havendo representantes da região Norte.

Especialidades da Subárea

Pela Tabela 4 verifica-se que a Eletroquímica, cujas atividades de pesquisa estão praticamente confinadas ao Estado de São Paulo, apesar de ser considerada a especialidade mais desenvolvida (mormente a Eletroquímica de Processos em solução e de Processos que afetam o eletrodo), é a que, do ponto de vista dos físico-químicos, deveria também receber maiores estímulos. As subespecialidades mais enfatizadas foram: Corrosão (São Paulo, Minas Gerais e Maranhão), Métodos Eletroquímicos (Rio de Janeiro, Paraíba e Rio Grande do Norte), Eletroquímica Orgânica (Rio de Janeiro) e Foto-Eletroquímica (Rio Grande do Sul).

A segunda especialidade mais citada como bem desenvolvida (provavelmente, não só do ponto de vista dos que a vêem como campo de pesquisa, mas também dos que são seus usuários) é a Espectroscopia, incidindo as menções do Sudeste

Tabela 4 – Especialidades na Físico-Química bem desenvolvidas (A) e a serem estimuladas (B), por região.

ESPECIALIDADE	NÚMERO DE RESPOSTAS											
	NORTE		CENTRO-OESTE		NORDESTE		SUDESTE		SUL		TOTAL	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Fís. Quim. Geral Exp.	-	-	-	-	2	-	1	2	-	1	3	3
Fís. Quim. Ger. Teórica*	-	-	1	1	4	2	3	2	-	2	8	7
Quím. de Superfície e Colóides	-	-	-	-	-	-	2	3	-	6	2	9
Soluções e Equilíbrios	-	-	-	-	-	-	-	1	-	2	-	3
Termodinâmica/Termoq.	-	-	-	-	-	5	2	2	-	-	2	7
Eletroquímica	-	-	-	-	-	3	19	11	1	2	20	16
Espectroscopia	-	-	-	-	2	1	12	6	-	-	14	7
Quim. da Radiação	-	-	-	-	-	2	1	5	-	-	1	7
Quim. do Cristal	-	-	-	-	-	1	2	6	-	-	2	7
TOTAL	-	-	1	1	8	14	42	38	1	13	52	66

* Inclui estudos teóricos gerais em Mecânica Quântica e Estatística e seu uso na interpretação e explicação de espectros.

nas Espectroscopias de Massa, Visível, Ultravioleta, Ressonância Nuclear Magnética (RMN), por Impacto de Elétrons (esta somente no Rio de Janeiro), Raman e Multifotônica (ambas somente em São Paulo) e, em menor extensão, no Nordeste (Espectroscopia Ótica Linear e Não Linear – Pernambuco).

A terceira é a **Físico-Química Teórica** (destacando-se aqui as indicações de Pernambuco, São Paulo e, em menor grau, Rio de Janeiro e Brasília).

As pesquisas em Espectroscopia, bem como o uso de técnicas espectroscópicas por outras linhas de pesquisa, necessitam, para o seu melhor desenvolvimento, de instrumentos mais avançados. No presente levantamento houve ênfase na necessidade de se adquirir equipamentos mais sofisticados visando não só ao aprimoramento das espectroscopias citadas, como também a disseminação e vulgarização de outras de uso ainda restrito, como Ressonância Paramagnética Eletrônica (EPR) e aquelas baseadas no emprego de lasers, por exemplo.

No caso da **Físico-Química-Teórica**, estímulos são primariamente requeridos tanto ao avanço da Química Computacional (Química-Quântica, Quimiometria e Dinâmica Molecular são os campos mais citados) quanto ao de suas aplicações interdisciplinares (na Química Orgânica e na Farmacologia, por exemplo). Para tanto, segundo seus pesquisadores, a aquisição de máquinas competitivas e a expansão do contingente de pessoal qualificado são necessárias.

As demais especialidades são, em geral, consideradas pouco desenvolvidas, prevalecendo citações ao fomento das seguintes linhas de pesquisa:

– Na **Química de Superfície e Colóides**: o estudo de Micelas e de Fenômenos de Superfície (fundamentais para o progresso da Química Macromolecular, do Estado Sólido e da Catálise);

– Na **Química da Radiação**: o estudo da Fotoquímica Inorgânica, da Fotoquímica com Laser, da Fotólise de Pulso, da Foto-Eletroquímica, e de Materiais Luminescentes de interesse tecnológico;

– Na **Química do Cristal**: o estudo de Cristais Líquidos e da Cristalografia por Difração de Raios-X;

– Na **Termodinâmica/Termoquímica**: o estudo Termodinâmico de Processos Irreversíveis e Métodos Termoquímicos.

Considerações sobre a Evolução e o Futuro da Subárea

No âmbito da Química, as pesquisas físico-químicas só começaram a ser desenvolvidas em 1944⁹ – dez anos mais tarde de seu início no Departamento de Física da Universidade de São Paulo, que abrigou os químicos interessados nos aspectos mais físico-químicos da Química³².

A Físico-Química traz em sua gênese a interdisciplinaridade, da qual depende cada vez mais o vigor dessa subárea. O seu progresso no país foi um dos mais expressivos durante os anos 70, tendo contado, para tanto, com a marcante participação dos físicos^{6,8}. Apesar dos físico-químicos de origem química delimitarem suas atividades de pesquisa em campos diferentes daqueles com formação na área da Física, a Espectroscopia (especialidade detentora do maior número de publicações na subárea, na década de 70) mostrava-se como campo de interesse comum, mesmo considerando a baixa incidência de trabalhos conjuntos⁶. Coincidentemente, o nascimento na Inglaterra desta especialidade, no século passado, só foi possível devido ao trabalho colaborativo de químicos e físicos³³.

A colaboração mútua entre físicos e químicos é a tendência natural para o desenvolvimento de algumas fronteiras da Química, sendo cotidiana nas universidades dos países industrializados. Na realidade, no ambiente acadêmico dos países de Primeiro Mundo, a pesquisa química vem exigindo colaborações mais abrangentes e complexas, pela via de formação de equipes integradas por pesquisadores com habilidades variadas (físicos, químicos, biólogos, médicos e engenheiros, por exemplo). Isto ocorre em virtude do deslocamento crescente, já observado^{35, 36}, no eixo das pesquisas: do **produto químico** para a **função química** (por exemplo, a pesquisa sobre fertilizantes sendo deslocada para a pesquisa sobre fertilização^{10, 35, 36}).

OUTRAS SUBÁREAS DA QUÍMICA E A INTERDISCIPLINARIDADE

Este item busca explorar as indicações dos pesquisadores – respondentes quanto:

– às especialidades consideradas bem desenvolvidas e aquelas necessitando de estímulos específicos, que extrapolam o formalismo das tradicionais subáreas da Química (já examinadas), segundo a classificação adotada pelo Chemical Abstracts³⁷. As especialidades referidas estão ordenadas na Tabela 5, onde é indicada a frequência de citações de cada uma. Conforme pode-se verificar, o progresso de várias dessas especialidades depende de uma abordagem interdisciplinar, envolvendo médicos, biólogos, físicos e engenheiros.

– aos temas interdisciplinares cujas atividades de pesquisas deveriam ser fomentadas na Química (Tabela 6).

BASE DE DADOS

A amostra (164 respostas) foi trabalhada no seu todo. Isto significa que às respostas dos químicos (154) somam-se as de outros seis profissionais (3 mestres, 1 mestrando e 3 graduados) dedicados ao Ensino de Química, e as de quatro pesquisadores (doutores) da Bioquímica.

ANÁLISE DAS RESPOSTAS

O número de indicações presentes na Tabela 5 permite verificar que a visão do químico sobre as perspectivas de seu trabalho científico está em fase de mutação. Nota-se que uma maior prioridade é dada ao desenvolvimento da **Química de Novos Materiais** (incorporada na **Engenharia dos Materiais**, na Tabela 5). O progresso dessa especialidade exige a integração de cientistas com diversas formações em um grupo comum de pesquisa. Isto já começa a ocorrer no país, mais destacadamente no Estado de São Paulo³⁸.

A Química de Materiais, cujo desenvolvimento foi marcadamente enfatizado pelos pesquisadores, é considerada como a mais importante dentre os principais temas científicos que levarão à união de áreas de pesquisa¹⁵, no futuro. Seus dois objetivos principais são¹⁵: (1) a compreensão das propriedades macroscópicas da matéria, a partir do conhecimento de sua estrutura microscópica (escala-atômica) e (2) a preparação de novos materiais possuidores de novas propriedades ou propriedades não usuais. O atingimento desses objetivos envolve, assim, a contribuição da Química de Polímeros, da Química do Estado Sólido, da Física da Matéria Condensada e da própria Engenharia dos Materiais e, conforme pode ser constatado na Tabela 6, algumas dessas conexões encontram-se significativamente indicadas.

Tabela 5 – Especialidades em outras subáreas da Química bem desenvolvidas (A) e a serem estimuladas (B), por região.

SUBÁREA ESPECIALIDADE	NÚMERO DE RESPOSTAS											
	NORTE		CENTRO-OESTE		NORDESTE		SUDESTE		SUL		TOTAL	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Quím. na Saúde												
Farmacologia	-	1	-	-	1	3	-	1	-	-	1	5
Quím. Toxicológica	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	2	-
Bioquímica												
Bioquím. Geral	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	1	2
Métodos Bioquím.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1
Quím. Enzimática	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	2
Quím. Microbiana	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-
Bioquím. da Radiação	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-
Quím. Biotecnológica	-	-	-	-	-	1	-	1	-	1	-	3
Quím. Macromolecular												
Polímeros	-	1	-	-	-	-	1	3	-	2	1	6
Quím. da Madeira	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1
Texteis, tintas...	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1
Carb. Industriais, Agentes tensoativos	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Quím. Aplicada												
Combustíveis Fósseis	-	-	-	-	-	-	-	3	-	2	-	5
Quím. da Energia	-	-	-	-	-	-	-	6	-	1	-	7
Quím. Farmacêutica	-	-	-	-	-	-	-	4	-	1	-	5
Quím. na Engenharia												
Eng. Metalúrgica	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	2
Eng. dos Materiais	-	-	-	-	1	2	-	8	1	3	2	13
Tópicos Esp. em Quím.												
Educação em Quím.	-	-	-	-	-	1	-	3	-	-	-	4
Computação em Quím.	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	2
Quím. na Econ. e Soc.	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	2
TOTAL	-	3	-	1	2	11	2	35	5	12	9	62

O exame da Tabela 5 mostra ainda que a subárea mais citada é a Química Aplicada, para a qual é dada uma maior ênfase no desenvolvimento da Química da Energia, especificamente nos campos de Células a Combustível (São Paulo) e de Aproveitamento da Energia Solar (Santa Catarina). Quanto à Química Farmacêutica, as menções predominantes são relativas à melhoria do Controle de Qualidade e à Análise de Fitoterápicos. No que se refere à Química Macromolecular, destacam-se as sugestões de estímulos ao estudo de plantas produtoras de látex (Norte), de tintas anticorrosivas (Centro-Oeste), da Química da Madeira (Minas Gerais) e de Polímeros, especialmente os condutores (São Paulo e Paraná).

Na amostra trabalhada, constata-se a pouca ênfase dada às especialidades da Bioquímica e da Química da Saúde, enquanto subáreas da Química (Tabela 5). Entretanto, elas são marcadamente chamadas quando o pesquisador manifesta-se acerca dos temas interdisciplinares (Tabela 6). De fato, são campos de oportunidades para a expansão das atividades de

pesquisa dos químicos, tendo em vista a tendência de significativo peso dada às pesquisas em Bioquímica Molecular e em Farmacologia Molecular³⁴. A interação entre estas diversas subáreas não tradicionalmente vistas como da Química é ainda reforçada com a explicitação de temas conectados à Biotecnologia (Tabela 6).

Verifica-se ainda, na Tabela 6, uma certa conscientização da importância da Química Teórica Computacional – ferramenta crescentemente vital na Química moderna, especialmente no que se refere ao desenvolvimento de produtos orgânicos e bio-orgânicos. No futuro, é esperada a exploração e a aplicação à Química de duas novas arquiteturas nos computadores – supercomputadores¹⁵ e neurocomputadores^{15, 39}. A perspectiva é de que a incorporação rotineira da computação, em grande escala, em programas experimentais afete, inclusive, a forma como a própria Química vem sendo praticada¹⁵.

Fato de extrema relevância na Tabela 6 é a evidente preocupação destacada dos pesquisadores com a deterioração do

meio ambiente, tendo em vista a expressiva prevalência das investigações interdisciplinares em **Química Ambiental** – que busca o entendimento da natureza e dos agentes nela intervenientes. Tal preocupação, que atingiu a atenção do público e, subseqüentemente, tornou-se política e economicamente importante, é ainda mais expressiva ao se constatar que, entre as 29 indicações de temáticas que implicam em interação entre a Química e a Biologia, nove dizem respeito à **Ecologia Química** – onde a pesquisa busca contribuir, através do entendimento dos controles naturais⁴⁰, para a melhor sobrevivência do indivíduo no ecossistema⁷.

Em síntese, constata-se que o químico está cômico de que a tradicional visão de seu trabalho, caracterizado por uma natureza individualista, cuja criatividade é comparável à atuação solitária de um pintor ou escritor⁴¹, deve necessariamente coexistir com a natureza crescentemente interdisciplinar da pesquisa química e quimicamente correlacionada. Isto, obviamente, exigirá coalisões intelectuais profundas entre químicos, físicos, matemáticos, biólogos, agrônomos e engenheiros, entre outros.

Nota-se também, pelo último grupo de temáticas mencionado na Tabela 6 (destacando-se aqui os pesquisadores do Rio

Tabela 6 – Temáticas interdisciplinares envolvendo a Química onde a atividade deve ser estimulada, por região.

TEMÁTICAS	NÚMERO DE RESPOSTAS					TOTAL
	NO	CO	NE	SE	SU	
– Quím. Org. Sintética Aplicada à Tecnologia Industrial (Síntese de Fármacos, Medicamentos de Origem Natural, Aproveitamento de Recursos Naturais e Química Fina).	2	1	–	5	3	11
– Interação Química / Farmacologia / Botânica / Produtos Naturais / Bioquímica / Fisiologia; Etno-Botânica; Quím. Medicinal; Bio-Orgânica; Biologia Molecular; Bio-Energética; Quím. Toxicológica; Controle de Doenças Endêmicas.	3	1	–	20	5	29
– Quím. Biotecnológica (Biotecnologia, Química de Processos Fermentativos, Síntese usando Reações ou Reagentes Biológicos).	–	2	1	1	3	7
– Instrumentação e/ou Automação em Quím. Analítica	–	–	1	5	–	6
– Química Ambiental	1	–	7	18	7	33
– Geoquímica (inclui Oceanografia Quím.)	–	1	4	5	–	10
– Bio-reguladores Agroquímicos, Quím. de Alimentos e Agroquímica.	–	2	–	2	2	6
– Quím. Teórica e sua aplicação em Físico-Química Orgânica, Biotecnologia, Farmacologia e Fármacos; Interação Física / Matemática / Química.	–	1	1	2	1	5
– Quím. de Superfície, Termodinâmica	–	–	–	1	1	2
– Eletroquímica (Corrosão)	–	–	1	2	–	3
– Quím. do Cristal e/ou Quím. do Estado Sólido e ou Quím. de Novos Materiais.	–	–	2	10	4	16
– Combustíveis Fósseis ou Alternativos	–	–	2	2	1	5
– Catálise	–	–	2	1	3	6
– Quím. do Silício e Fósforo; Quím. Bio-Inorgânica	–	–	2	2	–	4
– Polímeros (inclui Bio-Polímeros); Quím. para a Madeira	–	–	–	4	1	5
– Ensino e Computação em Química	1	–	2	4	1	8
– Quím. Social, Ética, Vida Coletiva, Quím. para a Libertação Econômica, Criação ou Desenvolvimento de Tecnologia Nacional; Interação Universidade / Indústria.	–	–	1	5	–	6
TOTAL	7	8	26	89	32	162

OBS.: NO = Norte; CO = Centro-Oeste; NE = Nordeste; SE = Sudeste; SU = Sul.

de Janeiro), o gérmen da idéia de que a Química, como uma ciência central, deve estar naturalmente inserida nos planos de desenvolvimento sócio-econômico do país, contribuindo com a sua base intelectual para o *ethos* cultural e para a competitividade econômica. Essa idéia, para florescer, exigirá a organização do conhecimento para a ação intra e extra-muros da comunidade química e necessitará que os recursos humanos formados em Química tenham a devida compreensão do desenvolvimento. Para tanto, é imprescindível a interação intelectual entre químicos, sociólogos, filósofos, cientistas políticos e administradores, entre outros.

TENDÊNCIAS MUNDIAIS RELEVANTES OU DE PESO

A moderna Química é, na atualidade, particularmente ativa nas interfaces que a ligam tanto às outras ciências, quanto internamente entre suas subáreas²⁵. A abordagem inter e intradisciplinar na pesquisa química é, e será, crescentemente, o fio condutor das futuras inovações, diante da "industrialização da ciência através da tecnologia"⁴². "Hoje em dia salta-se freqüentemente direto da pesquisa fundamental para a aplicação industrial e muitas vezes não é fácil distinguir entre pesquisa científica e desenvolvimento tecnológico"⁴³. Esse processo dinâmico introduziu mudanças nos tradicionais papéis dos agentes sociais promotores da ciência e da tecnologia que estão afetando, inclusive, as normas de conduta estabelecidas, especialmente no âmbito das universidades do mundo industrializado.

Na prática, constata-se a intensificação e expansão da pesquisa nos laboratórios dos grandes conglomerados multinacionais químico/petroquímico/farmacêutico, incluindo a criação de fortes unidades de pesquisa em Biologia Molecular³⁴ e a crescente contratação de químicos teóricos⁴⁴ e de especialistas em espectroscopia (RMN e Cristalografia por Difração de Raios-X³⁴, técnicas analíticas fundamentais para a determinação de estruturas tridimensionais de macromoléculas, sobretudo as bioativas).

Por outro lado, ocorre a emergência do designado complexo universidade/indústria, onde a última vem desenvolvendo fortes vínculos de pesquisa com investigadores em diferentes departamentos universitários, explicitamente baseados no segredo dos resultados obtidos³⁴. O sigilo poderá ser levado às últimas consequências e já causa, nos próprios pesquisadores dos países desenvolvidos, uma forte inquietação pelos efeitos corrosivos desta atitude no ambiente acadêmico^{34, 45}.

O pano de fundo dessas mudanças é a prospectiva quanto ao papel das proteínas e dos ácidos nucleicos na terapia do Século XXI, prevista fundamentar-se em novas drogas desenhadas, por exemplo, para se ajustarem a específicos sítios ativos de enzimas e sítios ligantes de receptores celulares³⁴.

Em nível dos países de Terceiro Mundo, estas mudanças não foram ainda devidamente internalizadas. Entretanto, seu impacto é de altíssimo risco, na medida que a barragem internacional do fluxo de informação poderá torná-la, conseqüentemente, não mais tão disponível na literatura científica. Tal fato deveria ser devidamente avaliado pela comunidade científica brasileira, posto que ele sinaliza duas prováveis alternativas futuras, diametralmente opostas: (1) o aprofundamento da marginalidade da ciência periférica⁴⁶; (2) a busca de caminhos auto-sustentáveis, assumindo-se, em conseqüência, o próprio

destino. A última opção (que talvez seja a mais plausível) exigirá não só o estabelecimento de um projeto de desenvolvimento factível, como o pretendido pelo **Projeto Química na Próxima Década**⁴⁷, mas também requererá uma intensa luta de convencimento quanto à sua importância junto ao Estado, à classe política e ao público em geral.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho objetivou explicitar os interesses da classe acadêmica da área de Química quanto às atividades de pesquisa, a partir da sistematização das indicações dos químicos sobre o estágio de evolução das especialidades e tópicos de pesquisa na área como um todo e pelas suas subáreas (tradicionais ou não), inclusive enfocando a necessidade de uma integração multidisciplinar na pesquisa.

O quadro emergente desta análise, associado às tendências da pesquisa em Química no contexto internacional, permite vislumbrar desafios consideráveis para o futuro da pesquisa em Química no país.

A ciência química mundial vem sendo rigorosamente submetida a uma virtual revolução, no que diz respeito aos seus objetivos, técnicas e instrumentação. Suas fronteiras estão também em crescente expansão, com o fito de proporcionar maior bem estar e maior riqueza às populações sediadas nos países industrialmente avançados. Os limites entre a ciência e a tecnologia químicas estão sendo, cada vez mais, erodidos⁴², com a crescente diminuição do tempo entre a geração do conhecimento científico e o seu retorno à sociedade sob a forma de bens ou produtos.

A tendência mundial da pesquisa acadêmica em Química é a sua crescente fertilização pela Física, Biologia, Medicina, Engenharia e as Novas Tecnologias de Informação. A própria perspectiva da Pesquisa e Desenvolvimento, no âmbito da indústria química, é tornar-se cada vez mais interdisciplinar. Portanto, em nível dos países industrializados, a academia e a indústria caminham lado a lado rumo ao Século XXI.

No Brasil, o desenvolvimento futuro da Química vem sendo comprometido pelos seguintes entraves:

- constante escassez de recursos destinados às atividades de ciência e tecnologia (C&T), o que gera crescente obsolescência dos meios indispensáveis à pesquisa;
- ausência de uma política de C&T, o que impossibilita qualquer sincronismo entre esta e as políticas de desenvolvimento sócio-econômico, especialmente a industrial, a agrícola e a do setor de saúde (que também carecem, na atualidade, de uma explicitação formal);
- impasse nas relações universidade/indústria, apesar da disponibilidade de instrumentos propulsores a esta integração, devido o país carecer de uma massa crítica de empresários-químicos;
- obsolescência do ensino de Química, o que dificulta a formação adequada de pessoal, sobretudo quanto ao talento e às habilidades necessárias, quer as técnicas, quer as relativas à capacidade de equacionar problemas e encontrar soluções científicas, que além de contribuírem, secundariamente, para a expansão do conhecimento universal (característica da ciência periférica) sejam endogenamente apropriadas (o que exige vontade política).

Nos países desenvolvidos, a ciência química é vista como uma efetiva vantagem comparativa (vetor econômico), sendo este o principal argumento para o incremento dos investimentos observados⁴². Nesta concepção, a maior e melhor capaci-

tação das pessoas dedicadas à atividade científica e tecnológica é a variável mais preciosa e fundamental (de acordo, inclusive, com as conclusões e as recomendações emergentes da mesa-redonda sobre as relações Governo/Universidade/Indústria, patrocinada pela NAS, em fevereiro/1986).

As inúmeras possibilidades de evolução da pesquisa em Química foram evidenciadas na enquete da SBQ. Sua consecução, como visto, extrapolaria os muros acadêmicos e redundaria em benefícios à sociedade brasileira. Sua plausibilidade é dependente de um projeto, com metas de médio e longo prazos, que objetive um desenvolvimento mais auto-sustentado do país, privilegiando os meios recomendados, intimamente associados aos objetivos perseguidos.

Há que se ter em mente que a outra alternativa que se apresenta é a total dependência do Brasil dos países industrializados⁴⁸, principalmente quanto ao suprimento das futuras gerações de medicamentos e catalisadores, que revolucionarão tanto a terapia quanto a própria indústria química – que deverá ser submetida a uma completa reestruturação de seus processos de produção^{36, 49}. Essa opção, embora possa ser vista por muitos como moderna, porque integradora no seio do mercado internacional, está associada a uma divisão internacional do trabalho que penaliza os subdesenvolvidos. Uma integração soberana é desejável, mas só possível com a capacitação interna para o jogo da concorrência, que não legitima os mais fracos.

O DESENVOLVIMENTO AUTO-SUSTENTADO

A opção por um desenvolvimento mais auto-sustentado, embora não autárquico, terá que ser explicitada no âmbito do Estado e exigirá mudanças institucionais e investimentos maciços para uma planejada capacitação de recursos humanos, o estabelecimento de forte intercâmbio técnico com o exterior e o reequipamento adequado de laboratórios e sua devida manutenção. O restrito capital disponível internamente só possibilitará o atingimento deste objetivo a mais longo prazo. O importante é que a direção esteja correta e seja mantida.

No que se refere à capacitação de recursos humanos, é vital o enfrentamento dos graves desajustes no ensino universitário⁵⁰ e a manifesta desatenção com os campos de saber interdisciplinares.

A institucionalização da interdisciplinaridade deverá constituir-se no alvo. O ponto de partida é a reformulação dos currículos da graduação tornando-os: (1) mais flexíveis⁵¹ para fomentar a criatividade e a originalidade nos estudantes, permitindo seu trânsito por outros departamentos da universidade que ofereçam disciplinas que lhes sejam atraentes; (2) mais contemporâneos para viabilizar, por um lado, a introdução de disciplinas necessárias ao entendimento e à própria pesquisa interdisciplinar (por exemplo, Química de Polímeros e Bioquímica Avançada) e, por outro lado, para expandir a carga horária experimental.

Quanto ao trabalho laboratorial, é essencial que os estudantes tenham não só acesso aos métodos instrumentais mais modernos, mas que esta prática os envolva, desde o início, em efetivos projetos de pesquisa. O ideal seria a constituição de grupos de estudantes de graduação sob a mesma orientação, ao redor de problemas relacionados, baseados em técnicas experimentais e teóricas similares, e em contacto permanente com pós-graduandos (elementos constituintes do próprio grupo⁴¹). Como consequência, ter-se-ia a geração de um fluxo estimulante de idéias.

No caso específico da pós-graduação, seu modelo deveria ser repensado a fim de evitar a atual estreiteza de objetivos, devido ao seu foco afunilado em torno de uma precoce especialização^{52, 53}. Esta deveria ser precipuamente buscada no pós-doutoramento.

O pós-doutorado, por sua vez, deveria ser intensamente estimulado, em uma nova abordagem: idas periódicas de pesquisadores (especialmente no caso dos recém-doutores) para o exterior em intervalos de tempo (entre um estágio e outro) muito inferiores aos atuais. Desta forma, a apreensão e o domínio do conhecimento de vanguarda seriam mais consistentes e, assim, o efeito multiplicador desses pós-doutorandos, quando de seu retorno, seria significativamente maior.

No setor produtivo, o desafio não é menor, tendo em vista a mentalidade do curto-prazo dominante. Neste caso, a reversão será acelerada com o engajamento de pesquisadores da melhor qualificação científica possível, tornando-os parcial ou integralmente empresários-químicos. Outra sugestão complementar é o estabelecimento de parques tecnológicos junto às universidades, semelhantes àqueles bem sucedidos nos países industrialmente avançados⁵⁴. Tais parques permitem a efetiva aproximação do empresário à universidade em torno das chamadas “incubadeiras” “(indústrias infantes ou em embrião), onde podem ser feitas incursões tecnológicas, com recursos (relativamente modestos) da empresa e a competência da universidade”⁵⁴. As próprias experiências brasileiras, em diversos estágios de maturação⁵⁵, poderão servir como base para seu estabelecimento mais generalizado na Química⁵⁶.

Em síntese, a conformação de um novo amanhã exige não só permanência na alocação de recursos, mas a redefinição e reconstrução do ambiente científico e, sobretudo, reformulações na própria forma de pensar. Isto, entretanto, só terá sentido num contexto de real desenvolvimento industrial e tecnológico do país. Amordarçar ou não o futuro é opção e responsabilidade da sociedade com a ativa participação da presente geração de químicos. Dela depende, em grande extensão, o estabelecimento da estratégia de desenvolvimento da Ciência e da Tecnologia e das condições mais adequadas à sua consecução. Há premência nas mudanças, mas sua exequibilidade só ocorrerá no contexto de uma revisão abrangente, patrocinada pela elite brasileira, mesmo que à custa da perda de muitos privilégios.

AGRADECIMENTOS

À Sociedade Brasileira de Química, pelo acesso aos questionários.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pela permissão de afastamento, no período 08/89 a 07/90.

À Fundação Ford, pela bolsa de pós-doutorado concedida, no referido período.

Ao Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo e à Coordenação de Estudos do CNPq, pelo ambiente e facilidades propiciados.

A Olfvia Mesquita pela paciente e dedicada digitação deste texto.

A Dra. Lea Velho, pela leitura crítica do manuscrito, revisito cuidadosamente por Celeste Stefaisk Nunes.

NOTAS E REFERÊNCIAS

- O questionário disseminado pela SBQ, em 1987, objetivava coletar informações para uma avaliação da pesquisa em Química no país. De uma análise preliminar das respostas a esse questionário resultou um relatório analítico, elaborado pela autora, em colaboração com Albuquerque, C.A.; "Auto-Retrato da Química no Brasil", 134 páginas, mimeo, março (1990). Posteriormente, foi elaborada uma análise centrada na percepção dos pesquisadores quanto às condições e à qualidade da pesquisa e da pós-graduação em Química, abordando inclusive os fatores que entram e promovem seu desenvolvimento (ver Cagnin, M.A.H.; *Coleção Documentos*, série Política Científica e Tecnológica, (1990), 2, 44 páginas, junho, IEA/USP).
- Na maioria dos casos, as citações referiam-se a tópicos ou temas de pesquisa, que foram agregados dentro de cada especialidade, no âmbito de uma dada subárea, segundo a classificação utilizada pelo Chemical Abstracts.
- Tomando como base a distribuição dos bolsistas de pesquisa do CNPq, existente quando da disseminação do questionário, os 115 doutores-respondentes correspondiam a 51% dos pesquisadores do CNPq (224). A compatibilidade entre a amostra e o contingente de bolsistas quanto à distribuição regional era total. A distribuição pelas tradicionais subáreas da Química foi corroborada pela comparação das subáreas de pesquisa dos doutores-respondentes com aquelas dos bolsistas de pesquisa do CNPq (ver ref. 1).
- Cagnin, M.A.H.; "Química e Desenvolvimento Nacional", *Revista Brasileira de Tecnologia*, (1987), 18, 10.
- Ver Portarias de números 365 (de 26/06/90), 538 (de 13/09/90) e 565 (de 19/09/90); ver Exposições de Motivos números 503 (de 07/04/90) e 171 (de 26/06/90) sobre o Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade Industrial; ver Decreto s/ no. da PR (de 01/02/91) criando o Programa de Fomento à Competitividade Industrial, aprovado via Portaria número 123 (de 27/02/91). Em 27/03/91, a Portaria número 190 estabelece a Política de Financiamento ao Programa de Fomento à Competitividade Industrial.
- Cagnin, M.A.H.; "Patterns of Research in Chemistry in Brazil", *Interciencia*, (1985), 10, 64.
- Mors, W.B.; "Química" in *Avaliação & Perspectiva 1982*, vol. 2 / Ciências Exatas e da Terra, 337. CNPq, Coordenação, Brasília (1983).
- Cagnin, M.A.H.; "O Desenvolvimento Regional e a Participação do Pesquisador Químico no Progresso Científico da Química Brasileira", *Química Nova*, (1987), 10, 223.
- Mathias, S.; "A Pesquisa Química no Brasil", mimeo. (1983).
- Colombo, U.; "A View Point on Innovation and The Chemical Industry", *Research Policy*, (1980), 9, 204.
- Walsh, V.; "Invention and Innovation in the Chemistry Industry: Demand pull or discovery risk", *Research Policy*, (1984), 13, 211.
- Abelson, P.H.; "Medicine from Plants", *Science*, (1990), 247, 513.
- Designa-se de agente ou fator portador de futuro, neste caso, um "nicho do conhecimento" com grande potencial para gerar novos produtos, novos hábitos, que poderão moldar e compor (no futuro) aspectos importantes da vida humana. E também designado de tendência de peso. O agente ou tendência de peso é resultante de criteriosa seleção de eventos, com o intuito de contribuir para uma reflexão sobre o porvir (ver Porto, C. e Associados; "Tendências Mundiais e Nacionais" (1980) e Godet, M. "From Forecasting to the Prospective. From the technological mirage to the social breakthrough", palestra apresentada no International Meeting on Forecasting and Assessment in the Field of Science and Technology, Rio de Janeiro, maio (1988).
- Paniago, E.B.; "Avaliação & Perspectiva 1989 - Química. Anteprojeto", mimeo. (1990).
- Whitesides, G.; "What will Chemistry do in the next twenty years?", *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.*, (1990), 29, 1209.
- Ballester, M.; "Química Orgânica Física. Fundamentos y Espectrometrias", Ediciones Pirâmides, Madrid (1978).
- Mathias, S.; "O Departamento de Química da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras - Os primeiros Anos", *Química Nova*, (1984), 7, 191.
- Felcman, J.; Mangrich, A.S.; Cruz, G.; Mello, P.C.; Tsunoda, M.; "A Química Inorgânica Brasileira vista através dos Simpósios Nacionais de Química Inorgânica", *Química Nova*, (1989), 12, 379.
- National Academy of Sciences: "The Chemistry Program - An International Experiment in Science Education", Board on Science and Technology for International Development, Committee on International Relations, National Research Council, Washington, D.C. (1979).
- Massabni, A.C.; Schuchardt, U.; Baibich, I.; Franco, W.D.; Botteghi, C.; "Catálise", Mesa Redonda, na 13a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, Caxambu, M.G.; maio (1990).
- Villa, R.; "O modelo tecnológico da FCC", palestra apresentada no Seminário de Tecnologia: A Tecnologia Petroquímica e o papel da Petroquímica, Friburgo, Rio de Janeiro, dezembro (1990).
- Schmall, M.; "A pesquisa em Catálise no Brasil" tema apresentado, como debatedor, da palestra de Villa, R. (ver ref. 21).
- Schuchardt, U.; (ver referência 20).
- Botteghi, C.; (ver ref. 20).
- Baum, R.M.; "Prominent Chemist's Team up to Review Frontiers in Chemistry", *C & EN* (1989) 6 de fevereiro, 24.
- Toma, H.E.; "Avaliação da área de Química Inorgânica (SNQI)", mesa-redonda na 13a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, Caxambu, M.G.; maio (1990).
- Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq); "Programa de Apoio à Química", Coordenação Editorial, Brasília (1981).
- CNPq; "Agenda CNPq", 035, março (1984).
- Cagnin, M.A.H.; *Química Nova*, (1981), 2, 49; *Química Nova*, (1983), 6, 156; "Análise da Reunião de outubro/1986 do Comitê Assessor de Química do CNPq", mimeo. (1986); "Encontro Universidade / Indústria em Química Fina / Fármacos, São Paulo, julho (1987); "Um Programa de Química para a Próxima Década", mesa redonda na 11a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química / SBPC, São Paulo, julho (1988).
- Ver as três primeiras referências da ref. 29.
- Mc Lafferty, F.W.; "Analytical Chemistry: Historic and Modern", *Acc. Chem. Res.*, (1990), 23, 64.
- Schwartzman, S.; "Formação da Comunidade Científica no Brasil", Cia. Editora Nacional / Finep, Rio de Janeiro (1979).
- James, F.A.J.L.; "The Practical Problems of "New" Experimental Science: Spectro-chemistry and the Search for Hitherto Unknown Chemical Elements in Britain 1860-1869", *British Journal of History of Science*, (1988), 21, 181.
- Goldstein, D.J.; "An Impending Disaster for Latin America: X-Ray Crystallography and Protein Engineering", *Interciencia*, (1990), 15, 15.
- Colombo, U.; "Research, Innovation and Renewal in the Chemical Industry", *Futures* (1986) abril, 170.
- Ancori, B. e Brendle, P.; "Perspective Concretes d'une Chimie de la Fonction" in *La Chimie en Europe. Innovations, Mutations et Perspectives*, cap. IV, 239, Cohendet, P. (ed.), *Beta, Université Louis Pasteur*. Fast, Paris, França (1984).
- Chemical Abstracts (CA); "Subject Coverage and Arrangements of Abstracts by Sections in CA 1982 Edition", CAS, Division of the American Chemical Society, Columbus, Ohio.
- Galembeck, F.; Varella, M.A.; De Paoli, M.A.; Meneghini, R.; "Interfaces da Química", mesa redonda na 13a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, Caxambu, M.G., maio (1990).
- Borman, S.; "Neural Network Applications in Chemistry begin to appear", *C & EN* (1989) 24 de abril, 24.
- Mors, W.B.; "A Desmistificação da Fitoterapia", *Interciencia*, (1988), 13, 221.
- National Research Council; "Opportunities in Chemistry", Committee to Survey Opportunities in the Chemical Sciences, National Academy Press, Washington, D.C. (1985).
- Kouski, W.L.; "NAS's Frank Press: New Shape for Science Policy", *C & EN*, (1986) 3 de março, 7.
- Colombo, U.; "Revolução Tecnológica e o Futuro do Terceiro Mundo" *Revista Siemens*, (1990), 2, 38.
- Inclusive às expensas da emissão de químicos orgânicos sintéticos (ver autor na ref. 45).
- Conforme expôs Symas, A.M., na mesa-redonda "Avaliação da área de Físico-Química (na SBQ/1990), em outubro/1988, houve um manifesto de 200 cientistas contra a não publicação das coordenadas de profetas. Isto evidencia a concentração e o controle das atividades de pesquisa pela indústria.
- ... "Para os países em desenvolvimento, ceder às exigências dos industrializados em sua forma mais extrema equivaleria a produzir uma Nova Ordem Econômica às avessas, uma caricatura de reforma da economia mundial que perpetuaria e institucionalizaria as intoleráveis deformidades atuais... No longo prazo, será impossível ao Brasil mesmo manter, para não falar em aumentar, sua participação no mercado internacional de manufaturados, se não tomarmos logo a decisão de traduzir em fatos a prioridade retórica que conferimos

no discurso oficial à reforma da educação e ao investimento em pesquisa e desenvolvimento da tecnologia... Hoje, são claros e perceptíveis os indícios de nova revolução em marcha. O declínio econômico relativo dos Estados Unidos, a ampliação e consolidação do Mercado Comum Europeu com sua abertura para a União Soviética e a Europa Oriental, a emergência da Bacia do Pacífico onde vaga após vaga se mostra capaz de desempenho econômico surpreendente, primeiro a do Japão, em seguida, a dos neo-industrializados e agora a dos novíssimos como a Tailândia, a Malásia, a Indonésia, a possibilidade do aparecimento de blocos integrados de produção e comércio, são todas forças que começam a desenhar uma configuração inesperada para o espaço econômico internacional. Nesse esboço, já se evidencia o papel central da inovação tecnológica e da qualidade dos recursos humanos, como conseqüente perigo da marginalização de áreas como a latino-americana, cujas pontes para a economia mundial sempre foram, no passado, os recursos minerais, as vantagens comparativas da agricultura ou da exploração extensiva, a produção de manufaturados simples a partir de mão-de-obra barata. Diante dessa terra nova que se desvenda em meio às brumas do futuro, a América Latina parece desamparada e sem rumo, estrangulada pela dívida e paralisada pelas contradições internas. Muitos desses milhares, milhões mesmo de latino-americanos que formam um desesperado "boat people" em busca de praias salvadoras nos Estados Unidos, não se dão conta de estarem repetindo 150 anos depois, a terrível conclusão de Bolívar na carta que, pouco antes de morrer, escreveu de Barranquilla ao General Juan José Flores: "En nuestra América solo hay una cosa a hacer: emigrar". Não preciso acrescentar que só uso essa evocação como recurso retórico para realçar a necessidade de uma reação vigorosa que depende não exclusiva, mas principalmente, de nós mesmos. E é aqui que me volto para o Brasil: temos em nós a força de mudar?... (Ricúpero, R.; "O Brasil e o Futuro do Comércio Internacional" Palestra proferida no Seminário A Nova Era da Economia Mundial organizado pelo Instituto Fernand Braudel de Economia Mundial, São Paulo, agosto (1988).

47. A elaboração do Projeto "Química na Próxima Década" resulta de decisão majoritária da comunidade química, presente à Assembléia Geral da SBQ, em julho/1988. A partir de outubro/1988, a SBQ enviou a todas as unidades de pesquisa do país o esboço deste projeto, com o intuito de enriquecê-lo com as críticas e sugestões advindas. Em julho/1989, em mesa-redonda durante a Reunião Anual SBQ/SBPC, seu formato, conteúdo e estratégias de execução foram discutidos. Por fim, em dezembro/1989, o questionário suporte do Projeto foi enviado a todos os Departamentos de Química acadêmicos e aos Institutos de Pesquisa. Na atualidade, aguarda-se o retorno de todo material à SBQ, para se proceder sua análise, a ser feita por comissões de especialistas, constituídas segundo as indicações recebidas.
48. Como ilustração, traduz-se trechos das tendências descritas pelo Forecasting and Assessment in Science and Technology (FAST), quanto à Pesquisa e Desenvolvimento (P & D) nos países de Terceiro Mundo: "Em geral, as preocupações do Terceiro Mundo não terão impacto significativo nos rumos das atividades de P & D, especialmente do setor privado de negócios... O Terceiro Mundo não foi visto como um candidato óbvio para qualquer atividade de P & D das grandes empresas, embora os países de industrialização

recente (NIC's) continuarão a serem vistos como *locus* de facilidades de produção, pelo menos a curto prazo. Desta forma, a tendência de separar a produção da pesquisa, do projeto (design) e do desenvolvimento continuará. Entretanto, a necessidade de respostas rápidas a mercados dinâmicos, conjuntamente com as mudanças na tecnologia de produção poderá gradualmente minar as vantagens comparativas dos NIC's. O fato é que o Terceiro Mundo não tem a sofisticação de tecnologia e de mercado que favoreça a venda lucrativa de produtos de alto valor agregado. Entretanto, poucos questionam o papel essencial que a tecnologia poderia ter na resolução dos problemas do Terceiro Mundo. De fato, algumas podem ser vistas como tendo um papel benéfico, a longo prazo. Em certas áreas (por exemplo, medicamentos e plantações geneticamente desenvolvidas) os benefícios comerciais e sociais podem coincidir; porém, de uma maneira geral, a intervenção do setor público no desenvolvimento de "tecnologia apropriada" será necessária. As preocupações crescentes com o Terceiro Mundo e a instabilidade criada pela disparidade entre o Ocidente rico e o Terceiro Mundo pobre gerará demandas para ação concertada e poderá haver campo para uma iniciativa européia nesta área. Isto poderia envolver políticas cujo foco fosse a adaptação de tecnologias existentes, a fim de preencher as necessidades específicas dos ambientes terceiro mundistas, bem como facilitar a adoção de tecnologias apropriadas. Tais atividades envolveriam a colaboração entre os setores públicos e privados (Coombs, R.W. e Littler, O.A.; "Trends in the Funding and Conduct of Research and Development", *FAST, Occasional Papers*, (1988) dezembro, 217).

49. Martin, J.M.; "L'Avenir du marché pétrolier", *Futuribles*, (1988) junho, 35.
50. A graduação em Química deixa de ser vista como uma qualificação vocacional, passando a ser encarada como uma disciplina geral que propicia ao indivíduo uma mente bem treinada. Maiores detalhes podem ser vistos em Giachardi, D.; "Education: Challenges to Industry", *Chemistry in Britain*, (1989) agosto, 757.
51. Conforme discorreu Gama, A.A. de S., na mesa-redonda "Interface da Química" (na SBQ/1990), o curso de graduação em Química da UFPE tem, desde 1985, flexibilidade curricular: 70% são disciplinas obrigatórias e 30% são disciplinas eletivas. O objetivo é propiciar aos estudantes as possibilidades deles desenvolverem suas habilidades específicas.
52. Worthy, W.; "Broader Ph. D. Program in Analytical Urged", *C & EN* (1987) 4 de maio, 25.
53. Zare, R.; in "Education for New Technology", *C & EN*, (1987), 26 de outubro, 34.
54. Marques, A.; "Formulação de uma política nacional de tecnologia", *Petro & Gas*, (1990), junho, 8; Segelken, R.; "Engineers find process to make anti-cancer drug" e "Cancer-drug development and marketing have small beginning" *Cornell 91*, (1991), Winter, 5.
55. Medeiros, S.A. de S.; "Perfil dos Polos Tecnológicos Brasileiros". *Coleção Documentos, Série Política Científica e Tecnológica* (1990) 4, setembro, IEA/USP e "Polos e Parques Tecnológicos", palestra proferida no Seminário sobre a Nova Política Industrial e de Comércio Exterior, CNPq, Brasília, DF (1990), agosto.
56. Neste sentido, há o projeto da Comissão de Química Fina da UFRJ.