

CIÊNCIAHOJE



ÁGUAS NO BRASIL

má-utilização e falta de planejamento



RIO TECNOLOGIA

PRÊMIO CIDADE DO RIO DE JANEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

CONCEDIDO AO PESQUISADOR
CUJO TRABALHO TENHA CONTRIBUÍDO PARA O
DESENVOLVIMENTO DA CIDADE
NO CENÁRIO NACIONAL E INTERNACIONAL.

data limite para inscrição:
28 de julho de 1995, até as 18 horas
local: Rede de Tecnologia do Rio de Janeiro
Rua do Ouvidor, 121, 21o andar, Centro
Tels: 232 2998 ou 242 6204



O BRASIL E SUA LIQUIDEZ

"A água é um projeto de viver"

Carlos Drummond de Andrade

A situação das águas no Brasil assemelha-se à própria situação geral do país. Os recursos hídricos são tão abundantes quanto as riquezas minerais, florestais, biológicas, agrícolas, pesqueiras – a lista vai longe. Apesar disso tudo, temos crise de água, como temos crise de alimentação, escola, saúde, emprego, administração, uma torrente de crises que traga milhões de brasileiros. Somos uma nação afogada em terra fausta.

A economia das águas no Brasil também está mergulhada em sérios problemas estruturais. Dos cofres nacionais e internacionais sempre jorraram verbas generosas para grandes empreitadas de engenharia sanitária. Essas, porém, apenas parcialmente geraram a contracorrente indispensável do saneamento. Assim, em meio a caudalosa quantidade de águas, ficamos cada vez mais sequiosos de qualidade.

Outro furo estrutural é a centralização excessiva do tratamento das águas pelas empresas estaduais. Bem melhor seria se tivéssemos imenso arquipélago de fontes de tratamento, aflorando água cristalina num sem-número de municípios e até de distritos.

Ainda mais grave, porém, é o transparente desconhecimento do impacto e dos efeitos de majestosos projetos de hidrovias e transposições de bacias sobre os mananciais interiores do país. É como se as águas se confundissem com as populações marginais, obrigadas a se adaptarem a qualquer transtorno.

Não temos a necessária consciência das águas. Pouco se sabe das águas subterrâneas. E quando se sabe, pouco se aproveita, como no seco Nordeste. Dos rios, abstraímos o leito e as áreas de várzea que têm com eles relação vital. Colecionamos rios mortos, moribundos e necrosados. As belas praias fluviais de nossa infância são águas passadas. Por onde passa um riacho, um córrego, um arroio, um simples fio d'água, passa também, para nós, uma lixeira, um monturo, uma vala comum para jogar nossos dejetos, restos, excessos, vícios, misérias, velhas presunções, antigos orgulhos, tudo aquilo de que queremos nos ver livres.

Que sabemos das águas? Que sabem nossos filhos? E nossas escolas e universidades? E nossas autoridades municipais, estaduais e federais? E nossos deputados e senadores? O que perdemos em pesca e o que deixamos de ganhar em transporte? Das estimadas cinco mil espécies de peixes, apenas 1.300 estão descritas e uma ou duas são utilizadas na piscicultura. O nível de informação geral é estreito e raso. Os estudos, raros.

Nossos nove mil quilômetros de litoral são mal pescados e quase nada pesquisados. Temos não mais de três programas de pós-graduação em oceanografia – na Universidade de São Paulo, na Universidade do Rio Grande e na Universidade Federal de Pernambuco. Os maiores projetos de pesquisa no setor foram e continuam sendo de iniciativa da Marinha e da Petrobrás, com pequena participação das universidades. São projetos de primeira linha, mas pecam pela falta de continuidade, o que impede a manutenção e a multiplicação de recursos humanos especializados.

Damo-nos ao luxo, pois, de ignorar o mar. Ele está apenas em nossas músicas e dias de sol. Não está no nosso desenvolvimento. O mar sequer é mencionado como parte do problema das águas. No máximo, representam uma lâmina de dificuldades para se chegar à plataforma petrolífera.

Onde ficam as águas no governo? No mesmo lugar que, desde o código de 1934, só vê as águas como elemento gerador de energia e nunca leva em conta seus múltiplos usos. Elas são um monopólio da União que deveria ser rompido, não para ser privatizado mas para ser descentralizado, como o serviço de saneamento. As decisões sobre seus usos devem ser atribuídas a estados e municípios.

Agora há o Ministério do Meio Ambiente, Recursos Hídricos e Amazônia Legal. O nome é portentoso. Mas será que inclui o mar? De lá se acena com uma política de águas, mais ampla e abrangente. Tudo é novo, recente, iniciante, e ao mesmo tempo já visto e ouvido em outras eras. O que se tem, na realidade, é apenas uma modesta secretaria, equipada e habilitada não se sabe bem como. Talvez não passe de uma gota no oceano de águas que temos para administrar. Falta, visivelmente, o lastro da prioridade, que a tudo move e remove.

Essas e outras deficiências poderiam ser enfrentadas por meio de um canal de cooperação com o CNPq, envolvendo as Fundações de Amparo à Pesquisa dos estados, universidades, e organismos municipais. Isto acabaria por desaguar em outro estuário não menos relevante, o da descentralização administrativa.

O uso energético das águas inunda as demais utilidades. É preciso revolver as águas para o que está lá no fundo apareça. É mais do que hora de se promover uma boa e bem planejada pororoca para despertar a opinião pública e o Brasil que insiste em boiar numa questão capaz de lhe trazer benefícios líquidos e certos.

OS EDITORES



EDITORIAL

CARTAS

UM MUNDO DE CIÊNCIA

A possibilidade de que tenha havido vida, tal como nós a conhecemos, em Marte está estreitamente ligada à presença de água naquele planeta. Modelos baseados em dados obtidos por sondas espaciais começam a abrir perspectivas para novas descobertas.
Por Carlos Alberto Manso.

TOME CIÊNCIA

Projeto desenvolvido no Distrito Agroindustrial de Jaíba (MG), estuda as interações entre populações de macrófitas e caramujos transmissores da esquistossomose.
Por Gilberto Pedralli.

O uso do citômetro de fluxo, no final dos anos 80, permitiu identificar e qualificar microrganismos marinhos responsáveis pela produção de carbono nos oceanos.
Por Patrícia F. Moreira Turcq e Jean-Marie Martin.

Siderurgia, mineração, agropecuária e reflorestamento têm causado alterações na bacia do rio Doce. Nessa região, está sendo desenvolvido um programa de ensino e pesquisa que aborda os diversos aspectos da interação homem-meio ambiente.
Por Francisco Barbosa e colaboradores.



1 : RESENHA

18

- Francisco A. R. Barbosa reúne, no livro *Acta Limnologica Brasiliensis*. Workshop: Brazilian Programme on Conservation and Management of Inland Waters, alguns artigos sobre o uso sustentável de águas interiores no Brasil.
Por Luiz Drude de Lacerda.

10

- O escritor norte-americano E. L. Doctorow mistura, em sua novela *A mecânica das águas*, elementos de narração policial e de ficção científica.
Por Jesus de Paula Assis.

12 : MERCOSUL

22

Mercado comum de energia?

- Sinclair Mallet-Guy Guerra*
Mauro Donizeti Berni
A América Latina discute, hoje, como ampliar e utilizar seu potencial energético para fortalecer o Mercosul. O Brasil precisa acelerar o intercâmbio com os demais países da região, para produzir e distribuir energia, utilizar seu potencial hídrico e explorar o petróleo de sua plataforma marítima.

A Pesca de Água Doce no Brasil

28

- Miguel Petrere Jr.*
A bacia Amazônica abriga a maior fauna de água doce da América do Sul. A pesca de água doce é uma atividade tradicional em nosso país e falta uma legislação que garanta a renovação dos estoques naturais de peixes, hoje ameaçados.



TECHNOLOGIA



O mercúrio e a contaminação de reservatórios no Brasil

Luiz Drude de Lacerda

Carlos Frederico de Meneses

Desmatamento, mineração, construção de hidrelétricas e de estradas e o desenvolvimento industrial são atividades que têm modificado as áreas naturais do Brasil. Em geral, esses impactos são estudados de modo isolado, mas seus efeitos podem sofrer interações e é preciso analisá-los em conjunto.

BACIAS HIDROGRÁFICAS Integração entre meio ambiente e desenvolvimento

José Salatiel Rodrigues Pires

José Eduardo dos Santos

As atividades econômicas podem ser desenvolvidas sem agressões ao meio ambiente se houver um planejamento adequado. A má utilização dos recursos hídricos e a ausência de medidas de conservação do meio ambiente são apenas um dos aspectos da utilização irracional e predatória dos recursos naturais.

ÁGUA

O solvente do organismo humano

Paulo Cesar Koch Nogueira

Cerca de 80% do corpo humano é formado por água. Nessa água se processam as reações entre as substâncias químicas que caracterizam a vida e que permanecem constantes nas mais variadas situações ambientais, alimentares e metabólicas.



Capa: Foto de Antonio Augusto Fontes

34 : DEBATE

Para discutir as políticas públicas na área de recursos hídricos, *Ciência Hoje* convidou Paulo Afonso Romano, Secretário Nacional de Recursos Hídricos do Ministério do Meio Ambiente, José Galizia Tundisi, limnólogo e presidente do CNPq, e Aldo Rebouças, do Instituto de Geociências da USP.

OPINIÃO

Paulo Affonso Leme Machado analisa os aspectos legais do uso múltiplo de águas no Brasil a partir da Constituição de 1988.

40

É BOM SABER

O equilíbrio das bacias hidrográficas fluminenses pode estar ameaçado pela expansão urbana. Por Lisia Vanacôr Barroso e Marcelo Corrêa Bernardes.

A Limnologia, que estuda os ecossistemas aquáticos continentais, tem gerado subsídios para o manejo racional e a preservação desses ecossistemas.

46



CIÊNCIA EM DIA

A PESQUISA NO BRASIL

Ciência Hoje publica neste número a segunda parte do trabalho 'Organização e Desempenho da Pesquisa no Brasil'.

CH • SERVIÇOS

Órgãos e entidades nos poderes executivos e legislativo que desempenham atividades relacionadas com a ciência e a tecnologia.

52

61

70

80

96

117

Relatório de avaliação gera polêmica

Com respeito à publicação, na revista *Ciência Hoje* nº 107, p. 52, da versão final do Relatório da Comissão de Supervisão de Avaliação dos Institutos de Pesquisa do Ministério de Ciência e Tecnologia, os membros do LAFEX (Laboratório de Cosmologia e Física Experimental de Altas Energias) do CBPF (Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas), antecipando-se a uma eventual manifestação pública da Direção desta Casa, gostariam de oferecer à comunidade de C&T do país alguns comentários que julgam relevantes e que podem contribuir para o aprimoramento das avaliações institucionais.

Em primeiro lugar, consideramos salutar e necessária a existência de mecanismos de avaliação, tecnicamente bem fundamentados, dos órgãos do sistema nacional de C&T, bem como a difusão pública dos resultados obtidos – procedimentos de transparência corriqueiros no regime democrático. Contudo, não podemos deixar de manifestar nossa divergência com relação a diversos itens do citado Relatório, referentes tanto ao diagnóstico quanto às recomendações acerca do CBPF, por acreditarmos que dele resulta uma imagem distorcida de nossa prática de pesquisa. É como se, apesar dos inúmeros projetos aprovados por várias instituições de fomento à pesquisa e dos relatórios

de atividades enviados periodicamente às instâncias competentes ao longo dos anos, a realidade de nossas atividades fosse ainda substancialmente desconhecida. Para demonstrar essa assertiva, basta confrontar os pontos colecionados na versão final desse relatório no âmbito do próprio LAFEX.

Principia o Relatório por ressaltar a importância 'histórica' do CBPF, apenas para afirmar, em seguida, que este "não se enquadra hoje ao modelo de um instituto nacional de pesquisa básica ou aplicada". Dada a expressiva participação de membros do LAFEX no mais significativo empreendimento em Física Fundamental dos tempos recentes – a comprovação da existência do *quark top* –, a inatualidade deste Centro enquanto agência de pesquisa básica torna-se difícil de compreender. Alega-se, a seguir, que o perfil exibido pelo CBPF "seria o de um departamento de física dos maiores em tamanho e de qualidade comparável à de vários outros bons departamentos".

Ora, somente o LAFEX congrega grupos de 14 instituições em torno de um leque bem-definido de projetos de pesquisa, de longo prazo, em Cosmologia e Física de Partículas, envolvendo aspectos teóricos, experimentais e técnicos, tal como sucede nos principais centros de pesquisa em áreas

análogas em todo o mundo.

A formação intensiva de pessoal científico e técnico e o desenvolvimento de tecnologias associadas ao programa de investigações por nós realizadas são também componentes bem característicos de centros avançados. Alguns números podem nos auxiliar a dimensionar mais precisamente os resultados obtidos.

Nos últimos três anos, os membros do LAFEX publicaram 233 trabalhos – uma média de nove trabalhos por pesquisador. Foram defendidas 11 teses de mestrado e oito teses de doutorado por alunos participantes do programa. Cerca de 100 usuários registrados utilizam-se de toda a infra-estrutura do Laboratório. Estiveram em curso cerca de 15 colaborações com entidades nacionais e internacionais, sendo de 10 o número médio anual de visitantes. Este último valor nos remete ao item seguinte do Relatório.

Comenta, em seguida, aquele Relatório que o CBPF não seria atraente para visitantes, nem teria um caráter agregador. Novamente limitando-se ao LAFEX, nos últimos três anos, promovemos duas grandes escolas na área de Física de Altas Energias – as duas LISHEP (Lafex International School on High Energy Physics), cada uma delas com a cerca de 300 participantes nacionais e estrangeiros – e uma na área de Cosmologia e Gravitação – a VII Escola

de Cosmologia e Gravitação, que desde 1978 vem desempenhando em nosso país a função de estimular e desenvolver o estudo de questões cosmológicas, com cerca de 100 participantes. Estão programados para este ano de 1995 mais dois grandes eventos: a CHEP (Computing in High Energy Physics) e a VIII Escola de Cosmologia e Gravitação. No último *workshop* do LAFEX (setembro de 1994), dos 55 trabalhos apresentados, cerca de metade envolvia colaboradores externos ao nosso Laboratório. Os membros do LAFEX participaram ainda de vários outros congressos, lecionaram cursos, assistiram e promoveram colóquios, seminários, cursos e minicursos em várias universidades do Rio de Janeiro, bem como de outros estados brasileiros. Contudo, talvez essa contribuição ao 'sentido agregador' não seja – não possa ser, não deva ser – suficiente.

Com efeito, trata-se agora, segundo o Relatório, de permitir ao CBPF "recuperar a liderança (...) em áreas selecionadas, dentro de um projeto bem-definido". Presume-se, evidentemente, que a liderança tenha sido perdida. No que diz respeito ao LAFEX, podemos afirmar, com orgulho natural e sem nenhuma arrogância, que a Comissão cometeu um erro evidente e de fácil constatação.

Devemos acrescentar que, mesmo dispondo de antemão de um grande projeto, sob todos os títulos bem-definido, o LAFEX tem sido sistematicamente prejudicado em suas solicitações de auxílio e na implantação de seus programas, o que nos impede até de honrar compromissos internacionais previamente assumidos. Itens orçamentários são descumpridos, obstáculos burocráticos são alegados... Não obstante, estamos certos de que a comunidade não se recusaria a nos reconhecer um papel efetivo, e mesmo já tradicional, de liderança em nossas áreas de atuação.

Pouco resta a dizer quanto às recomendações finais do Relatório, ora por assentimento, ora por espanto. Que o CBPF deva cumprir o que desde a sua fundação seria sua vocação natural – servir como um Centro Nacional de Excelência para o país – não há o que comentar. Todavia, que devam ser desenvolvidas áreas experimentais “de porte médio (...) com suporte teórico” e, ainda mais, que o Centro deve dispor de “um corpo permanente pequeno e grande fluxo de visitantes”, são enunciados de difícil compreensão, quando aplicados ao ponto de vista do LAFEX, pois este já desempenha a contento as funções sugeridas, segundo um programa integrado de pesquisa

teórica e experimental de longo alcance. Ademais, se tomados ao pé da letra, implicam entre outras coisas, por exemplo, que *não há espaço para a física experimental de altas energias – bem como outras linhas intensivas de pesquisa – no Brasil*. Essa interpretação infeliz, que contraria as tendências atuais da física mundial, não deve, naturalmente, ser levada a sério. *Mário Novello (em nome dos membros do LAFEX), CBPF, Rio de Janeiro.*

• Com a publicação do relatório de avaliação dos institutos de Ciência e Tecnologia no âmbito do MCT, a *Ciência Hoje* prestou mais um relevante serviço à Ciência no Brasil. Por entendermos que um dos aspectos que justifica a publicação do referido Relatório é a possibilidade de ampla discussão do tema, sentimos-nos estimulados a apresentar nossa visão acerca do processo de avaliação por que passou o Museu de Astronomia e Ciências Afins (MAST/CNPq).

O MAST tem uma peculiaridade: fundado em 1985, ele se constrói ao mesmo tempo em que atende às demandas do público que o frequenta, diferentemente do que ocorre em outros países. É um instituto único na América do Sul e que tem como áreas de atuação a História da Ciência, a Educação, a Museologia e a Documentação/ Informação. Tal perfil difere bastante dos demais

institutos que, via de regra, atuam nas áreas de ciências matemáticas, da natureza e/ou da tecnologia. Tal peculiaridade deveria, a nosso ver, se refletir no processo de avaliação através de rigorosos consultores *ad hoc* especializados nas áreas em que o MAST trabalha. Isso permitiria uma avaliação da potencialidade de realização dos diversos projetos e atividades nas áreas acima mencionadas, o que não foi feito, como se observa no Relatório.

O acervo científico do MAST é representativo principalmente das atividades de Astronomia, Meteorologia, Geodésia e da memória científica nacional. Este acervo vem recebendo tratamento através do processamento técnico e de melhores condições de guarda. A tarefa não é simples, pois o acervo de instrumentos é raro e significativo, daí porque sua importância deveria ser preservada e melhor valorizada. O estudo do acervo científico instrumental e documental possibilita não só o conhecimento das atividades científicas desenvolvidas no Observatório Nacional, mas também a constituição e o desenvolvimento da Ciência no Brasil, a partir do século XIX, e suas conexões com a história da sociedade brasileira.

Gostaríamos de discutir o Relatório de avaliação mesmo quando este é favorável ao trabalho realizado no MAST. A

competência desenvolvida na área de difusão científica e de Educação para a Ciência é fruto de um processo de qualificação institucional, e não algo que possa ser isolado da proposta do MAST como um todo. Este ponto, diga-se de passagem, relaciona-se com uma reflexão que vem sendo amadurecida durante os últimos anos no cenário internacional: as instituições voltadas à Educação para a Ciência precisam adaptar-se às demandas de diferentes períodos históricos. Aquelas que têm base sólida nas atividades de pesquisa e de preservação da cultura científica têm tido maior capacidade de adaptação às crescentes mudanças sociais. Ignorar este ponto seria um grave equívoco.

Avaliações são importantes e devem ser estimuladas, e não seria diferente na área de Ciência e Tecnologia. Uma característica fundamental no processo de avaliação é a que pressupõe a necessidade de compreensão, sem preconceitos, da realidade a ser avaliada. O Relatório nos deixa dúvidas quanto à preservação dessa característica.

Um instituto de pesquisa que realiza diversas atividades para preservar a memória científica nacional não pode ser avaliado somente sob um de seus aspectos, mas como um todo. Problemas nós temos, como qualquer outra

instituição do MCT, e não os negamos. Porém, a Comissão avaliadora deveria incentivar as iniciativas para solucioná-los, e não assumir uma atitude radical de desativação, mesmo porque o objetivo da avaliação, conforme publicado, era: "avaliar o desempenho técnico-científico das entidades (...) e propor ações visando aperfeiçoamentos cabíveis".

Funcionários do Museu de Astronomia e Ciências Afins, Rio de Janeiro.

• O objetivo desta carta é tecer alguns comentários relativos à versão final do Relatório da Comissão de Supervisão de Avaliação dos Institutos do Ministério da Ciência e Tecnologia.

1. Gostaria de ressaltar a importância de instituições científicas serem avaliadas periodicamente. É salutar que se incorpore ao nosso 'caldo de cultura' esta praxe desprovida de cartorialismos feudais e julgamentos apriorísticos. Constata-se uma mudança positiva, nos últimos anos, no Brasil a esse respeito; era comum adotar-se uma postura acrítica, negativista mesmo, eivada de ceticismo *vis a vis* qualquer atitude que implicasse num julgamento de mérito.

Em 1990, apoiando uma louvável iniciativa emanada do Conselho Deliberativo (CD) do CNPq, o CBPF, dispôs-se a ser a primeira instituição de ciência básica a ser avaliada

globalmente por uma comissão de especialistas de renome nacional e internacional, escolhida pelo CD/CNPq sem qualquer interferência da Instituição.

Em abril de 1991, o CBPF foi visitado durante cinco dias consecutivos pela Comissão de Avaliação dos especialistas nomeados pelo CD/CNPq, sendo elaborado um Relatório, enviado ao CD, contendo um estudo aprofundado da Instituição. Se bem que não tenha havido resultados práticos deste documento, quer por parte do CNPq, quer por parte do MCT – que deveria ter provocado uma ampla discussão envolvendo inclusive o Conselho Técnico Científico (CTC) do CBPF –, a Diretoria e o CTC do CBPF acolheram uma série de sugestões contidas naquele documento. Assim, como exemplo, por ocasião da abertura de concursos no CBPF, o CTC deliberou que as vagas fossem concedidas prioritariamente a grupos experimentais de excelência. Cumpre assinalar também que a atual administração do MCT, acolhendo recomendação do Relatório de 1991, contemplou o CBPF com um aporte razoável de recursos oriundos da privatização, viabilizando o início da construção do Laboratório de Filmes Finos Magnéticos.

2. Quando à criação, pelo MCT, da Comissão de Avaliação que elaborou,

como coroamento de sua tarefa, o Relatório publicado pela *Ciência Hoje*, inúmeras expectativas positivas foram despertadas, pois a Comissão – embora não fosse constituída integralmente por especialistas – contava com nomes da mais alta respeitabilidade em áreas de Ciência e Tecnologia do país.

Para realizar tal trabalho de fôlego, envolvendo uma metodologia complexa, a Comissão teve cerca de dois anos. No decorrer desse período, ocorreu uma auto-avaliação do CBPF, o que se constituiu num processo enriquecedor para a Instituição, colocando-a, mais uma vez, frente a frente com os resultados obtidos na Casa e também com as inúmeras mazelas oriundas das inconstâncias e dificuldades enfrentadas por órgãos públicos ligados à Administração Federal Direta.

3. Embora concordando com uma série de diagnósticos e recomendações gerais contidas no Relatório, gostaria de formular reparos críticos a ele, no tocante ao CBPF.

Chamo atenção, de início, à afirmação de que "atividades de pesquisa básica devem encontrar o seu ambiente natural nas Universidades. Assim as responsabilidades específicas do MCT nesta área deveriam concentrar-se apenas no fomento, admitindo-se que mantenha laboratórios

próprios de pesquisa básica apenas em casos excepcionais..."

Embora aqui não seja lugar para aprofundar essa discussão, gostaria de destacar a visão maniqueísta subjacente, que em nada contribui para o desenvolvimento da Ciência no Brasil. A questão fundamental a esse respeito, que deveria ser elaborada e discutida, é se os Institutos de 'Pesquisa Básica' do CNPq são ou não são de qualidade e o que se pode fazer para aperfeiçoá-los.

4. O Relatório é taxativo ao afirmar que: "O CBPF, que teve um papel destacado na história da Física no Brasil, não se encontra hoje no modelo de um instituto nacional de pesquisa básica ou aplicada (...). Não atrai visitantes nacionais nem contribui com sentido agregador para a área no País (...)."

Cotejemos estas assertivas com os fatos. Obviamente, quando da criação do CBPF em 1949, não havia no Brasil a profusão de institutos de física de qualidade como os de hoje – felizmente – existentes.

No entanto, no decorrer de sua existência, o CBPF tem-se pautado numa constante busca de renovação e de novos desafios. Senão, vejamos:

(i) Todos os indicadores apontam para uma excelência no tocante à produção científica da Casa. Nos últimos três anos, a taxa de publicação

está no patamar de 140 trabalhos/ano em revistas de circulação internacional – o dobro do número de publicações, quando comparadas com o início da década de 80 –, apesar de ter ocorrido, durante esse período, uma significativa perda de cientistas de alta categoria, por aposentadorias. Isso significa quase dois artigos por ano, por pesquisador. Atribuo esse aumento de produtividade à consolidação de importantes grupos experimentais na Casa, em particular em física de altas energias e ciência dos materiais. É de se ressaltar a contribuição substancial de físicos do CBPF no experimento realizado no Fermilab, onde se descobriu o *quark top*.

(ii) A pós-graduação do CBPF, pioneira na Física do Brasil, teve suas primeiras teses defendidas em 1965. Desde aquele período até hoje, foram defendidas 358 teses – 219 de mestrado e 139 de doutorado – num total de 360 meses (média de aproximadamente 12 teses/ano), que refletem a expressiva contribuição do CBPF ao desenvolvimento da Física no Brasil e na América Latina.

Cumpra assinalar que as primeiras teses de mestrado defendidas em 1965 foram de latino-americanos bolsistas do Claf. No tocante às teses mais recentes, fica constatada a publicação de 2,5 trabalhos/tese de doutorado em revistas internacionais de grande

parâmetro de impacto.

(iii) Graças à criação recente de convênios Claf-CNPq/CBPF, possuímos atualmente uma dezena de estudantes de doutoramento e uma dezena de pós-doutores provenientes de países latino-americanos, estabelecendo-se novamente a salutar cooperação iniciada nos idos de 1960. Ademais, graças ao reconhecimento do CBPF como instituição de excelência pela Academia do Terceiro Mundo, um grande número de físicos de países em desenvolvimento tem estagiado conosco. Assinalamos que apenas cinco instituições brasileiras foram selecionadas pela Academia, sendo o CBPF a única na área da Física.

Acrescentando-se os inúmeros convênios internacionais dos quais o CBPF participa (Fermilab, Cern, universidades americanas e européias), pode-se constatar que o CBPF tem nos últimos anos se pautado como sendo uma instituição que atrai sobremaneira a vinda de pesquisadores internacionais.

O mesmo não ocorre com respeito a visitantes nacionais. Isto se deve à ausência de mecanismos que assegurem sua vinda como, por exemplo, contratos não-permanentes, antiga reivindicação do CBPF, recomendada pela Avaliação de 1991 e reiterada nesta avaliação, ora sob consideração. Apesar disto, há uma forte

colaboração do CBPF com instituições do Rio de Janeiro, quer com departamentos de física e com instituições de caráter tecnológico, quer com empresas.

(iv) O CBPF tem-se destacado, ao longo dos anos, como promotor de eventos científicos, tais como Escolas e *Workshops*. Para ficar restrito ao ano em curso, quatro eventos internacionais (duas escolas, um *workshop* e uma conferência internacional sobre computação no próximo milênio) estão sendo aqui realizadas.

(v) Não quero transmitir uma visão panglossiana do CBPF; o espírito científico – insatisfação natural e crítica iluminista – nos impele em direção a um constante aperfeiçoamento. Talvez a Comissão de Avaliação – versão 1994 – não tenha adquirido essa impressão, porquanto o seu tempo de estada *in loco* no CBPF resumiu-se a uma tarde, quando foram ouvidos o diretor e o relator – professor Toledo Piza. Daí tenha resultado, a meu ver, um Relatório sucinto e superficial. Respalado em dados objetivos, tenho a convicção de que o CBPF tem sido uma instituição de referência nacional e internacional num grande número de áreas da física (e.g., cosmologia e gravitação, teoria de campos, física estatística, raios cósmicos, física de altas energias, ciência dos materiais).

Considero, portanto, extremamente infeliz a sentença do Relatório “... deve ser dada ao CBPF a oportunidade de recuperar a liderança como Centro Nacional de Excelência...”. Dela fica a impressão errônea de que, ao longo dos anos, o CBPF tem permanecido no ‘fundo do poço’, necessitando de alento. Uma avaliação construtiva deveria propor – uma vez constatada a amplitude das colaborações científicas (nacionais e internacionais) do CBPF e considerando a crescente exigência por padrões de excelência a nível mundial – um substancial aporte material ao CBPF, bem como a inserção da Instituição num sistema mais autônomo e flexível.

Assim, a Instituição poderia exercer melhor a sua vocação, como preconiza o seu regimento: “O CBPF tem por finalidade realizar pesquisas científicas na área da física básica e atuar como centro nacional de formação e treinamento de pessoal científico.”

5. Finalmente, espero que as sugestões construtivas, contidas no Relatório, sejam discutidas exaustivamente, num processo interativo entre as instituições envolvidas, o CNPq e o MCT, a fim de que as esperanças suscitadas a partir de 1991, com a primeira avaliação, não caiam no vazio.

Amós Tropper
Diretor do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF),
Rio de Janeiro.



A primeira
função social do
Banco do Brasil
é dar lucro.



Quando um cliente procura uma de nossas agências, ele quer serviços adequados às suas necessidades e produtos que atendam às suas expectativas. Quando os acionistas examinam um balanço, querem ver mais dividendos, como resultado de uma administração eficiente. Quando o Brasil inteiro olha para o Banco do Brasil, quer ver uma empresa com compromisso público e desempenho de empresa privada. É por isso que o Banco do Brasil vem mudando a cada dia.

Para ser o agente da produção e do desenvolvimento de que tanto o país necessita, é preciso ser competitivo, moderno e, principalmente, gerar lucros. Porque é através do seu desempenho no

mercado que o Banco do Brasil vai buscar recursos para realizar seu trabalho com competência.

Afinal, o BB só vai ser bom para o Brasil se, antes, for bom para você.

Banco do Brasil.
Mudando com o Brasil.



BANCO DO BRASIL

Água em interiores planetários

Desde tempos remotos, a questão da origem e da evolução do sistema solar constitui um desafio para o homem. Descartes (1644) e, mais tarde, Buffon (1745), Kant (1755) e Laplace (1876) propuseram as primeiras teorias cosmogônicas de caráter científico com o objetivo de explicar as principais características astronômicas do sistema solar e seus componentes, observados remotamente por meio de telescópios instalados na Terra.

Durante três séculos, descobertas polêmicas marcaram o progresso da Astronomia. Certamente, a que mais despertou o interesse da opinião pública foi a observação de canais na superfície de Marte. A utilização do termo 'canais' para denominar algumas estruturas geológicas superficiais – hoje identificadas como vales sinuosos e extensos, com larguras de até 140 km – acabou dando origem a discussões intermináveis sobre a existência de água no planeta vermelho e a suspeitas sobre uma eventual presença de vida em Marte, por associação com a hipótese de que o surgimento da vida estaria ligado à presença de água nos oceanos da Terra.

Em 1957, Ano Geofísico Internacional, a União Soviética lançou o Sputnik, primeiro satélite artificial, inau-



gurando a chamada Era Espacial. Nas décadas seguintes, com o envio de sondas a outros astros do sistema solar – Lua, Marte, Vênus e Mercúrio, para citar apenas os de composição similar à da Terra –, os geofísicos também puderam contribuir para os estudos cosmogônicos, introduzindo na discussão do problema aspectos relevantes, não considerados durante a fase astronômica desses estudos, tais como: a estrutura interior e composição geológica, os campos gravitacional e magnético e, principalmente, a atividade sísmica desses planetas (ver 'Modelamento Sísmico: A geofísica na busca do petróleo', *Ciência Hoje*, nº 75, 1991, p. 34).

Hoje, sabe-se que, em tempos remotos, Marte pode ter tido oceanos. Provavelmente, ainda guarda em seu interior, sob forma de gelo subsuperficial ou armazenada na estrutura dos minerais de seu manto, uma quantidade de água suficiente para encher

um hipotético oceano de algumas dezenas de metros de profundidade, cobrindo todo o planeta. Quanto à existência de vida como a conhecemos, sabe-se que as condições climáticas encontradas em Marte são adversas. As variações de temperatura, que no verão marciano oscilam de 20°C durante o dia a -73°C à noite, não permitiriam a sobrevivência nem mesmo da mais simples forma de vida existente na Terra, a não ser na condição específica de preservação de materiais fósseis, como os encontrados pelos arqueólogos na Terra, em situações totalmente adversas para a vida.

Ainda assim, as controvérsias sobre a existência, passada ou presente, de vida em Marte, vez por outra ocupam espaço na imprensa e na imaginação do público em geral. Por isso, o desenvolvimento de técnicas observacionais ou métodos de pesquisa teórica, que permitam avaliar o conteúdo de água

eventualmente armazenada em rochas dos planetas terrestres, tem relevância científica especial para orientar futuros estudos nas diversas áreas de interesse comum para geofísicos e astrônomos.

A Sismologia na detecção de água em interiores planetários

A análise dos registros de ondas sísmicas, geradas por terremotos e observadas na superfície da Terra, tem possibilitado aos geofísicos o desenvolvimento de modelos descritivos da estrutura e composição geológica no interior do planeta. Esses modelos – definidos a partir da determinação da variação da densidade do material em função da profundidade – caracterizam-se pelos bruscos contrastes de densidade ocorridos na região de contato entre camadas de diferentes materiais geológicos, separadas pelas chamadas discontinuidades ou interfaces sísmicas.

Recentemente, B.J. Wood, do Departamento de Geologia da Universidade de Bristol (Inglaterra), publicou* os resultados de uma pesquisa sobre a existência de água no interior da Terra.

Em seu artigo, partindo de observações sismológicas e conceitos de geoquímica, Wood estabelece que as in-

terfaces sísmicas existentes no interior da Terra, à profundidade de 410 e de 660 km, correspondem a variações relevantes nos valores de densidade do material do manto, respectivamente de 5 e 10%, assim como nos valores de velocidade de propagação das ondas sísmicas P e S nesses materiais, as quais dependem diretamente dos valores de densidade.

Wood mostra também que essas descontinuidades estariam associadas à ocorrência de transformações de fase da olivina – mineral composto por uma mistura de silicato de magnésio com silicato de ferro –, que constitui o principal componente do manto da Terra. A olivina original,

tipo A, se converteria para olivina tipo B, sob as condições de pressão e temperatura presentes a 410 km de profundidade. A 660 km, o aumento de pressão e temperatura causaria uma nova conversão da olivina, gerando novos compostos de ferro e magnésio.

Baseado em estudos recentes de sismologia, o autor demonstra que em ambas as descontinuidades as alterações nas propriedades físicas dos materiais ocorrem em pequenos intervalos de profundidade, resultando valores próximos de 10 e de 5 km, respectivamente, para as espessuras das descontinuidades de 410 km e de 660 km. Os resultados do trabalho de

Wood sugerem que a água se dissolve em olivina, e que a divisão proporcional do conteúdo de água entre olivina tipo A e olivina tipo B é de cerca de um para 10. Isso afeta fortemente a região em que ocorre a transformação de fase da olivina A para B e, em consequência, a espessura da descontinuidade sísmica resultante. Os resultados finais de Wood sugerem que a espessura da descontinuidade sísmica observada restringe o limite máximo de H_2O contido na olivina do manto superior para 200 ppm por unidade de peso, impondo um volume máximo para a presença de água na profundidade considerada no estudo.

Para os geofísicos, o estudo abre a possibilidade de se utilizar o método em uma melhor definição do modelo geológico de referência para a Terra. Ao permitir estimar o conteúdo de água armazenado na subsuperfície dos planetas rochosos, com base nos dados sismológicos obtidos pelas sondas enviadas a esses astros, o método representa também uma relevante contribuição aos estudos comparativos de física planetária.

**Science*, vol. 268, p. 74 (1995).

Carlos Alberto Manso

Observatório Nacional/CNPq

N O T A S

Água em Marte?

As redes fluviais remanescentes, observadas na superfície de Marte, sugerem que, há mais de três bilhões de anos, o planeta era quente e úmido. Características geológicas atuais da sua superfície, semelhantes a grandes canais de escoamento, também indicam a existência, em eras mais recentes, de água em quantidade equivalente a um reservatório de várias centenas de metros de profundidade que cobrisse uma área igual à superfície do planeta.

Por outro lado, outras estimativas independentes da quantidade de água em Marte têm se baseado na razão entre as abundâncias isotópicas de

deutério e de hidrogênio e também na taxa de escape do hidrogênio, medidas na atmosfera marciana. O deutério (D) é um isótopo do hidrogênio (H), isto é, tem as mesmas propriedades químicas, com o dobro de sua massa, e a razão entre as abundâncias é medida pela relação entre HDO e H_2O no vapor d'água atmosférico de Marte. Na alta atmosfera de um planeta – no caso Marte –, átomos e moléculas de hidrogênio com velocidades suficientemente grandes escapam à sua atração gravitacional e se perdem no espaço.

Essas estimativas independentes, baseadas em hipóteses sobre a relação entre esses processos atualmente obser-

vados e os que ocorreram no passado, têm levado a valores muito menores para a quantidade de água do que os sugeridos pelas observações geológicas: um reservatório atual de apenas 0,5 m de profundidade e de cerca de 6 m de profundidade no passado.

No ano passado, surgiu um dado novo: foi medida a abundância relativa entre D e H em minerais hidratados contidos em meteoritos que quase certamente se originaram de Marte. Essas medidas se traduzem na abundância relativa existente na água de Marte na época em que se cristalizaram as rochas contidas nos meteoritos.

Com base nesses últimos dados*, Thomas M. Donahue,

da Universidade de Michigan em Ann Arbor (EUA), estima que os atuais reservatórios de água em Marte devem ser grandes, equivalentes a vários metros de profundidade se recobrissem todo o planeta. Combinando esse resultado com a atual abundância de D na atmosfera marciana, resulta que a profundidade equivalente no passado remoto seria de várias centenas de metros, o que é consistente com as estimativas baseadas na geologia da superfície.

Marte teria sido, portanto, um planeta bem mais quente e úmido no passado.

**Nature*, vol. 374, p. 432 (1995).

COMPETIÇÃO NA NATUREZA

Na natureza ocorrem interações entre plantas e vertebrados ou insetos, entre as próprias plantas e entre estas e os organismos. Entre os vegetais, essas interações têm sido estudadas especialmente na área dos cultivos agrícolas tendo em vista a produção de alimentos e o controle de plantas daninhas. **GILBERTO PEDRALLI**, do Setor de Recursos da Terra, Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (CETEC), apresenta alguns resultados do projeto de "Monitoramento dos ambientes aquáticos e da dinâmica e qualidade das águas subterrâneas", desenvolvido na área do Distrito Agroindustrial de Jaíba (MG), que estudou as interações entre populações de macrófitas e caramujos transmissores da esquistossomose.

Os colonos do Distrito Agroindustrial de Jaíba-MG, no Vale do Rio São Francisco, estão correndo o risco de pegar esquistossomose mansônica, verminose causada pelo platelminto *Schistosoma mansoni*. A Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (CETEC) encontrou, na água dos canais de irrigação utilizada pelos colonos, caramujos transmissores da doença. Em 40% dos trechos amostrados pelo CETEC havia populações de caramujos contendo entre um e 100 indivíduos por metro quadrado. Embora nenhum caramujo estivesse infectado, como a água dos canais é empregada pelos colonos na irrigação dos cultivos, uso doméstico e lazer, a descoberta desses vetores da esquistossomose representa um problema potencial de saúde pública.

A presença dos caramujos está ligada à ocorrência de *Ceratophyllum demersum*,



Espécie *Ceratophyllum demersum*.
Canal de irrigação do projeto Jaíba.

sum, uma macrófita aquática que lhes serve de substrato. Como essa planta possui compostos alelopáticos, isto é, substâncias químicas que influenciam negativamente o desenvolvimento de outras macrófitas, ela foi a única espécie encontrada nos canais de irrigação, pelo CETEC, na região de Jaíba.

Os estudos mostraram também que na região Sul do país algumas plantas cultivadas como a colza (*Brassica oleracea* var. *oleifera*) apresentavam propriedades alelopáticas inibindo a germinação e o desenvolvimento de outras espécies cultivadas no mesmo local como o milho (*Zea mays*), a soja (*Glycine max*) e o sorgo (*Sorghum vulgare*).

COMO OCORREM AS INTERAÇÕES

As interações alelopáticas entre plantas são estudadas sob dois principais enfoques. No primeiro, o crescimento das espécies que interagem é analisado no campo ou em laboratório, excluindo-se os efeitos de competição. O outro, mais utilizado nos últimos anos, são os bioensaios. Esse método envolve duas espécies diferentes afetadas, que ocorram em ambientes diferentes. Utiliza-se um extrato aquoso da planta ou partes destas para verificar os efeitos inibitórios ou estimulantes sobre a germinação e o crescimento da outra planta testada, sob condições controladas de luz e temperatura.

Entre as macrófitas aquáticas (ver *Ciência Hoje* nº 7, 1988) as interações

alelopáticas foram primeiramente estudadas em estufas, envolvendo a eliminação de espécies de *Potamogeton* em culturas nas quais cresciam *Eleocharis acicularis* ou *Sagittaria subulata*. Em 1978, foi detectado em *Ceratophyllum demersum*, uma macrófita submersa fixa encontrada em lagos e rios, a presença de compostos alelopáticos que influenciam negativamente o desenvolvimento de outras macrófitas. Dentre as partes dessa planta que mais inibem o crescimento de outras macrófitas encontram-se as folhas e os pecíolos, que liberam enxofre elementar e podem conter fenóis e flavonóides simples.

COMO O CRESCIMENTO PODE SER INIBIDO

Desde 1990, o CETEC vem estudando os ambientes aquáticos e a dinâmica e a qualidade das águas subterrâneas no Distrito Agroindustrial da Jaíba-MG. Nessa região a Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco (CODEVASF) capta água do rio São Francisco para irrigação de pequenas propriedades.

O CETEC acompanhou, entre fevereiro/91 e março/92, as populações de *Ceratophyllum demersum* nos canais de irrigação do projeto Jaíba. Essa espécie se espalhou a partir das partes mais altas da bacia do rio São Francisco, a montante do canal principal de captação, principalmente através dos brotos e sementes, e pelo bombeamento da água do rio atingiu o canal principal e canais secundários

de irrigação, onde encontrou condições favoráveis para enraizar e crescer, graças à baixa velocidade d'água e ao acúmulo de sedimentos no fundo desses canais.

Durante os estudos realizados com *Ceratophyllum demersum*, verificou-se que as concentrações de sulfatos (SO_4^{2-}) nas águas do rio São Francisco, no trecho entre Itacarambi e a ilha do Cajueiro, respectivamente a jusante e a montante do canal de captação onde se localiza a Estação de Bombeamento (EB1) e nos canais secundários da rede de amostragem de qualidade das águas, se mostraram superiores às permitidas pela legislação estadual (250 mg/l).

A grande disponibilidade de sulfatos, somada aos fatores citados, favoreceu sua absorção pelas populações de *Ceratophyllum demersum*. Após a absorção o sulfato é metabolizado internamente e liberado para o meio externo sob a forma de enxôfre elementar, substância tóxica para outras macrófitas. Esse mecanismo confere à espécie propriedades alelopáticas negativas. Dessa forma, *Ceratophyllum demersum* foi a única macrófita presente nesses ambientes no período estudado. A ocorrência das plantas nos canais secundários de irrigação variava, em média, entre 20 e 60% e as populações que, inicialmente, ocupavam dois dos canais mais próximos ao principal hoje ocupam seis dos sete canais secundários, entre as duas primeiras estações de bombeamento (EB1 e EB2). Isso significa que a planta se dispersou rapidamente e ampliou sua distribuição significativamente.

Nos canais estudados, principalmente no L3, *Ceratophyllum demersum* forma um habitat propício ao desenvolvimento de planorbídeos (*Biomphalaria straminea*), vetores da esquistossomose mansônica.

O manejo realizado pela CODEVASF, com o esgotamento da água dos canais e a retirada mecânica do sedimento tem sido ineficiente para o controle das plantas e dos caramujos.

NOVO INSTRUMENTO PARA A PESQUISA OCEANOGRÁFICA

Até recentemente, o citômetro de fluxo (flow cytometer) era usado exclusivamente para estudar as células sanguíneas. Desde o final da década de 80, sua aplicação ao estudo da produção primária do fitoplâncton, em escala mundial, significou uma verdadeira revolução nas pesquisas oceanográficas, pois permitiu identificar e qualificar organismos marinhos de tamanho inferior a 2 microns, como as cianobactérias, que contribuem de modo significativo para a produção de carbono nos oceanos. Foi com esse tipo de equipamento que **PATRICIA F. MOREIRA TURCQ**, oceanóloga, e **JEAN-MARIE MARTIN**, geólogo, ambos do Laboratório de Biogeoquímica Marinha, na França, obtiveram os resultados aqui apresentados, trabalhando na Sibéria com uma equipe multidisciplinar formada por pesquisadores de vários países.

O funcionamento do citômetro de fluxo baseia-se na medição simultânea de

dois fenômenos ópticos: a difusão e a emissão de luz por meio da fluorescência. A fluorescência pode se originar de um constituinte naturalmente fluorescente da célula, como os pigmentos – e nesse caso é chamada de fluorescência natural –, ou de um constituinte orgânico não-fluorescente, como proteínas, açúcares, lipídios, ADN, que é marcado por uma substância fluorescente (fluorochromes) – e chamada de fluorescência induzida.

A difusão da luz por uma partícula se relaciona ao tamanho, à forma e à estrutura da partícula em questão, e pode, portanto, ser usada para medir esses parâmetros. Com o citômetro, os dois fenômenos (fluorescência e difusão da luz) são quantificados, partícula por partícula, em uma amostra de água, graças a um sistema fluido que permite a passagem sucessiva de cada partícula da amostra, em fluxo contínuo de um décimo a 500 microlitros por centésimo de minuto ($0,1$ a $500 \mu\text{l} \cdot \text{min}^{-1}$), pela frente de tubos detectores. O tamanho das partículas situa-se entre dois déci-

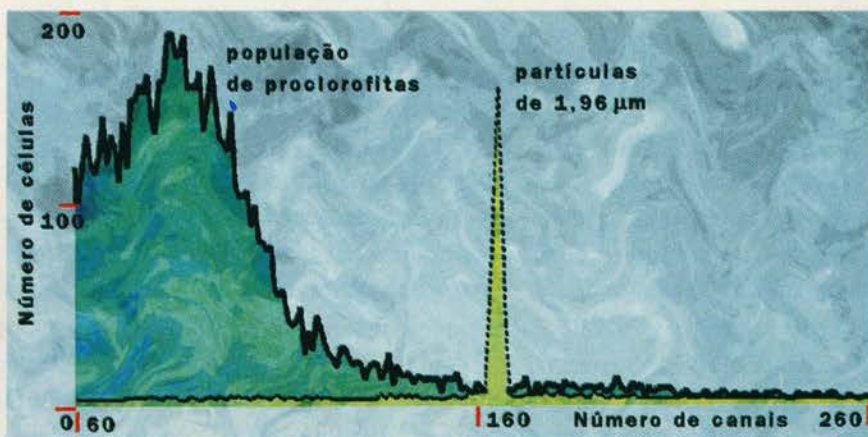


Figura 1. Exemplo de histograma monoparamétrico originado do citômetro de fluxo, onde temos uma população de proclorofitas de tamanho bastante inferior às partículas-padrões de $1,96 \mu\text{m}$ de diâmetro.

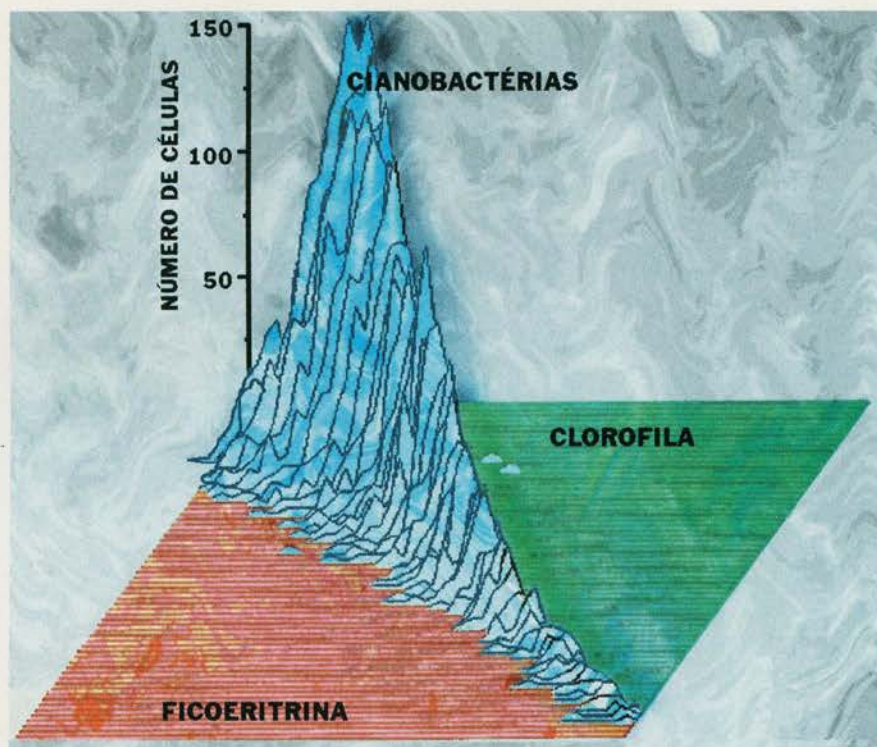


Figura 2. Histograma tridimensional. Observamos uma nítida população de cianobactérias fluorescendo ao mesmo tempo para a clorofila e para a ficoeritrina de tamanho inferior a $2\ \mu\text{m}$.

mos a 200 microns ($0,2$ a $200\ \mu\text{m}$), dando-se maior ênfase às pequenas partículas, de até $10\ \mu\text{m}$, devido à dificuldade que os métodos tradicionais têm para alcançar essa faixa.

Um citômetro pode medir no máximo 2.500 partículas por segundo. Seu princípio de funcionamento baseia-se na passagem de partículas ou células diante de um foco de luz. A fonte luminosa utilizada para excitar a partícula ou célula pode ser um *laser* ou uma lâmpada a vapor de mercúrio. Os tubos fotodetectores convertem os sinais ópticos em impulsos elétricos equivalentes e essas informações são registradas sob forma de histogramas mono ou biparamétricos (figura 1), em duas ou três dimensões (figura 2) e, ao mesmo tempo, listadas e arquivadas em computador, para posterior análise.

A aplicação do citômetro a pesquisas oceanográficas teve início na metade dos anos 80, mas somente no final da década é que o estudo da produção primária mundial de fitoplâncton viveu

uma revolução, graças à identificação e à quantificação do picoplâncton (fitoplâncton de tamanho inferior a $2\ \mu\text{m}$), em especial as cianobactérias (algas azuis) e as proclorofitas.

Esses organismos são extremamente numerosos e contribuem consideravelmente para a produção de carbono nos estuários e oceanos mundiais. Entretanto, em vista de seu pequeno tamanho, não podem ser detectados com facilidade pelas técnicas tradicionais. Por isso, sua participação na produção primária de fitoplâncton era subestimada, uma vez que não eram contabilizados no cálculo da biomassa total de carbono. Isso vale ainda mais para as proclorofitas, que só foram descobertas graças ao uso do citômetro de fluxo.

Esse instrumento é capaz de caracterizar o fitoplâncton *in vivo* através de sua fluorescência natural e de seu tamanho. A fluorescência deve-se à presença de dois pigmentos no picoplâncton: a clorofila *a* (presente em todas as algas) e a ficoeritrina (presente apenas nas

cianobactérias e nas criptomônadas). Os pigmentos acessórios do fitoplâncton transferem quase toda a energia da luz absorvida para a clorofila *a* e, em consequência, a maior parte das espécies fitoplanctônicas emite fluorescência exclusivamente na banda de emissão da clorofila *a*, com um pico de intensidade de emissão em torno de 680 nanômetros (nm).

As cianobactérias e as criptomônadas, assim como algumas espécies de dinoflagelados, representam uma exceção em relação ao resto do fitoplâncton: além de fluorescerem para a clorofila *a*, como todas as outras algas, também emitem uma fluorescência para a ficoeritrina, com um pico de emissão em torno de 590 nm. Em geral, as cianobactérias diferenciam-se das criptomônadas pelo tamanho, pois aquelas medem menos de $2\ \mu\text{m}$, enquanto estas, assim como os dinoflagelados, são maiores. O tamanho também é um parâmetro usado para distinguir o fitoplâncton que só fluoresce para a clorofila *a*, como as proclorofitas, que são inferiores a $0,8\ \mu\text{m}$, e todos os outros eucariotes superiores a esse tamanho.

No campo das pesquisas oceanográficas, outras utilizações do citômetro consistem na detecção de toxinas presentes em determinadas espécies fitoplanctônicas através da fluorescência, na análise do conteúdo de ácidos nucleicos em bactérias, no estudo de diferentes processos fisiológicos em fitoplâncton, na identificação de proteínas e açúcares superficiais presentes na matéria orgânica viva e não viva, e em várias outras pesquisas ainda em estágio experimental.

Com o objetivo de contribuir com novos resultados para a avaliação da biomassa de carbono (inferior a $2\ \mu\text{m}$) que é transportada pelos estuários e de sua importância em relação ao conteúdo total de carbono que chega às zonas costeiras, desenvolvemos uma pesquisa em diferentes tipos de estuários. Os



Estuário do rio Lena, mar de Laptev, na Sibéria, onde os autores realizaram, com uma equipe multidisciplinar, as pesquisas sobre o picoplâncton.

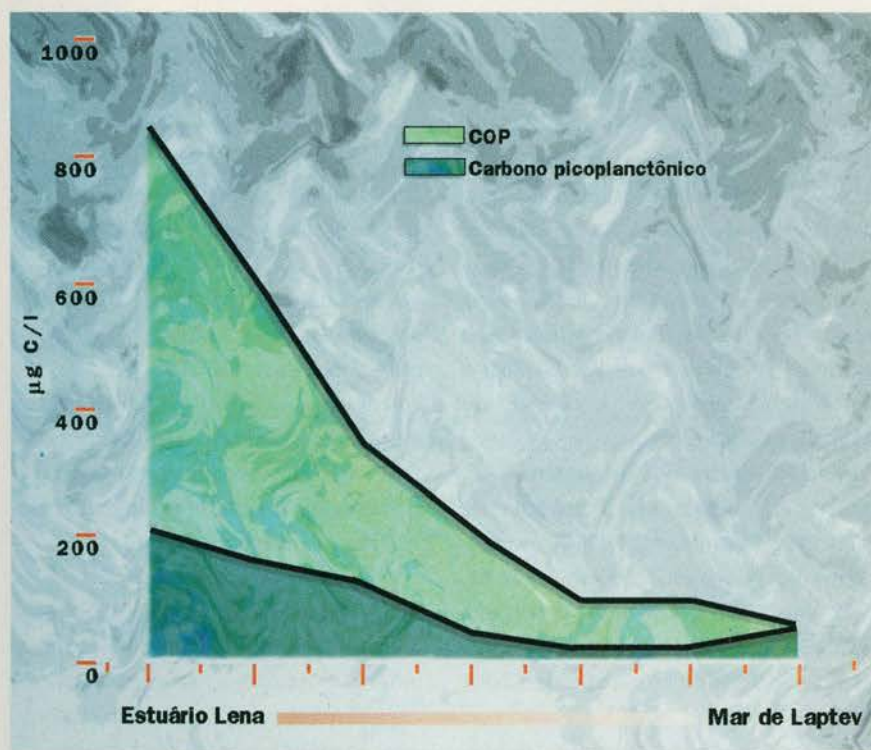


Figura 3. Relação do carbono picoplânctônico ($< 2 \mu\text{m}$), em função do carbono orgânico particulado total, em um corte horizontal do estuário do Lena, em direção ao mar de Laptev.

resultados aqui apresentados foram obtidos no estuário do rio Lena e no mar de Laptev, na Sibéria, onde esse estudo foi realizado com equipes de pesquisadores multidisciplinares de vários países.

O uso do citômetro permitiu-nos avaliar a importância que a fração fitoplânctônica inferior a $2 \mu\text{m}$ representa em ambientes distintos. Em todos os ambien-

tes estudados, essa fração correspondeu a aproximadamente 50 a 80% do total dos organismos analisados. Pequenas diferenças foram, no entanto, demonstradas pelo citômetro, como por exemplo o tipo de picoplâncton dominante em cada ambiente, bem como a presença ou a ausência de bactérias. Estas podem ser distinguidas do fitoplâncton por meio do emprego de

uma substância fluorescente específica do ADN.

Como exemplo, apresentamos alguns resultados do sistema Lena-Laptev, nos quais o picoplâncton representou, em número, mais de 80% do total do fitoplâncton presente. A conversão, nesse ambiente, das células picoplânctônicas em biomassa de carbono mostra claramente a importância dessa fração, que representa cerca de 20% do carbono vivo e não vivo presente no estuário, e pode chegar até 50% do total de carbono no mar de Laptev (figura 3).

A contribuição em carbono do estuário do Lena para o mar parece pequena, o que mostra que a maior parte desse carbono provavelmente se degrada e se deposita na zona estuarina. No caso do mar de Laptev, sua produção de carbono parece ser responsável pela quase totalidade do carbono ali presente.

Esses dados demonstram a importância do picoplâncton no balanço total de carbono e o papel representado pelo citômetro nesses novos cálculos. A grande vantagem desse aparelho, além do fato de medir simultaneamente diferentes parâmetros de uma mesma partícula, é sua extrema rapidez e o pequeno volume de material necessário para suas análises, o que permite sua utilização *in loco*, sem a necessidade de estocar amostras para exame posterior.

NOVA FERRAMENTA PARA O MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA

A bacia do rio Doce é uma das principais bacias hidrográficas do país. Além de apresentar uma elevada densidade demográfica, cerca de 3,5 milhões de habitantes, tem sido submetida a diversos impactos ligados às atividades de siderurgia, mineração, agropecuária e reflorestamento. A manutenção das atividades socioeconômicas da região e o manejo de seus ecossistemas, considerando-se o elevado grau de degradação desse ambiente, exigem uma maior caracterização da qualidade de suas águas. **FRANCISCO BARBOSA, PAULINA MAIA-BARBOSA, MAIRY B. L. DOS SANTOS, SUELI MINGOTTI e VALÉRIA DE AQUINO**, da Universidade Federal de Minas Gerais *apresentam alguns resultados do programa "Biodiversidade, População, Economia" que desenvolve, na bacia do médio rio Doce, atividades de ensino e pesquisa com o objetivo de melhor compreender os diversos aspectos da relação homem/ambiente.*

Estudos que definam critérios de qualidade de água devem fornecer subsídios para avaliar as alterações ambientais decorrentes das atividades humanas e propor medidas que reduzam os efeitos negativos causados por elas. Por refletir condições apenas momentâneas, a análise das variáveis físico-químicas nem sempre indica a qualidade real da água. Os métodos biológicos, por outro lado, pressupõem que as atividades antrópicas produzem efeitos que afetam a organização e o funcionamento das comunidades naturais.

O estudo dos organismos que vivem no fundo (bentônicos) e dos encontrados

na coluna d'água (planctônicos) – notadamente o número de organismos, distribuição, dominância de grupos etc. –, associado às características físico-químicas da água, poderão permitir melhor avaliação dos efeitos dessas alterações ambientais.

O programa "Biodiversidade, População, Economia" caracteriza-se pela interação de diferentes áreas da ciência que atuam sobre a realidade ambiental. Para abordar a questão do meio ambiente a partir de uma perspectiva globalizante, o programa inclui ainda: formação de recursos humanos; montagem de uma metodologia de estudos ambientais que incorpore as dimensões físicas, bióticas e antrópicas; elaboração de propostas para melhorar a qualidade ambiental e capacitar as populações locais para o seu monitoramento. O projeto é resultado de uma iniciativa conjunta do Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional – Cedeplar, da Faculdade de Ciências Econômicas da UFMG e do programa de pós-graduação em Ecologia, Conservação e Manejo de Vida Silvestre – ECMVS do ICB/UFMG, e conta com recursos do Banco Mundial e do CNPq, Capes e Finep.

Dentro do objetivo específico de avaliar os impactos antrópicos e suas consequências sobre a biodiversidade aquática – abordando recursos hídricos, peixes, economia – está sendo montado um índice físico-químico e biológico de qualidade de água, que será uma ferramenta básica para o monitoramento das condições gerais e a elaboração de propostas de manejo e redução dos efeitos negativos.

Para tanto, foram demarcadas 10 estações de amostragem ao longo do rio

Piracicaba – sub-bacia que contém 19 cidades e as maiores indústrias da região – e cinco no rio Doce. Nas 15 estações serão avaliados os efeitos dos seguintes impactos: mineração/garimpo, siderurgia, esgoto doméstico e industrial, monocultura de Eucalyptus, agricultura e pecuária de subsistência. A Estação 1, no Parque Natural do Caraça, foi tomada como referência.

Amostras da água e sedimentos foram colhidas nos períodos de seca (julho) e chuvas (dezembro/janeiro) para análise de variáveis físico-químicas e da composição e abundância de espécies de fundo. Os índices físico-químico e biológico foram montados com a técnica estatística de "análise de componentes principais" que, além de permitir uma comparação entre as várias estações amostradas, possibilitou definir as variáveis mais importantes para caracterizar o rio.

Nessa análise foi utilizada a matriz de correlação amostral das variáveis, considerando-se os dois períodos de coleta (seca e chuva). A análise de conglomerados permitiu agrupar as variáveis mais similares e, a partir dos agrupamentos formados, selecionar as menos correlacionadas para compor os índices.

Através das estatísticas descritivas das variáveis selecionadas – oxigênio dissolvido, pH, clorofila-a, fósforo total, amônia e nitrato –, as estações foram classificadas para cada variável como *boa*, *aceitável* e *ruim*, em função da pontuação obtida. Para a comunidade bentônica, utilizou-se: densidade total de organismos, número de taxa, índice de riqueza, dominância de Oligochaeta e Chironomidae, taxa de EPT (Ephemeroptera, Placoptera e Trichoptera), EPT/Chironomidae. Com esses dados foram construídos os índices físico-químico (IFQ) e biológico (IB) que variam de 1 a 4 e classificam as estações em *ruim*: 1-2; *aceitável*: 2-3 e *boa*: 3-4.

Um exemplo da utilização da me-

ÍNDICE FÍSICO-QUÍMICO (IFQ) E BIOLÓGICO (IB) PARA A BACIA DO MÉDIO RIO DOCE EM 1993

ESTAÇÃO	IFQ		QUALIDADE FQ		IB (BENTOS)		QUALIDADE BIOLÓGICA	
	SECA	CHUVA	SECA	CHUVA	SECA	CHUVA	SECA	CHUVA
01	3,63	3,59	B	B	3,39	3,83	B	B
02	2,09	3,12	A	B	2,07	2,56	A	A
03	1,54	1,28	R	R	1,57	1,51	R	R
04	1,93	2,23	R	A	1,52	3,08	R	B
05	3,39	2,44	B	A	2,57	3,31	A	B
06	3,01	1,92	B	R	1,74	1,44	R	R
07	3,39	3,27	B	B	2,74	2,66	A	A
08	3,02	2,54	B	A	3,83	3,22	B	B
09	3,45	2,27	B	A	1,97	2,48	R	A
10	2,48	2,29	A	A	1,44	1,34	R	R
11A	1,45	1,49	R	R	1,52	1,68	R	R
11B	2,91	3,04	A	B	2,40	2,66	A	A
12	2,86	1,53	A	R	3,74	2,05	B	A
13	3,23	2,01	B	A	2,30	1,87	A	R
14	3,26	2,23	B	A	3,57	3,83	B	B

A = aceitável; R = ruim; B = boa

ESTAÇÃO E LOCALIZAÇÃO

01. Parque Natural do Caraça; **02.** Stª Rita Durão (alto Piracicaba); **03.** Barão de Cocais (rio B. de Cocais); **04.** Santa Bárbara (rio Stª Bárbara); **05.** São Gonçalo (rio Stª Bárbara); **06.** João Monlevade (rio Piracicaba, abaixo Cia. Belo Mineira); **07.** Nova Era (rio do Peixe, na foz); **08.** Antonio Dias (ribeirão Severo); **09.** Cel. Fabriciano (rio Piracicaba); **10.** Ipatinga (rio Piracicaba); **11 A.** Ipatinga (rio Doce); **11 B.** Ipatinga (rio Doce - Revés do Belém); **12.** Ipaba (rio Doce, a montante da Cenibra); **13.** Ipaba (rio Doce, no efluente da Cenibra); **14.** Belo Oriente (rio Doce, abaixo da cachoeira Escura).

todologia acima descrita para a classificação da qualidade da água nos períodos de seca e chuvas de 1993 é mostrado na tabela. Os dados mostram que nem sempre existe uma concordância entre os índices físico-químico e biológico. Na seca o Índice Biológico (IB) mostra que apenas quatro estações (26,7%) foram consideradas de boa qualidade (representando uma redução de 50% em relação ao obtido para o Índice Físico-Químico-IFQ); cinco (33,3%) estão numa condição aceitável e seis (40%) em uma condição ruim (o dobro do obtido para o IFQ). Nas chuvas, de acordo com o IB a qualidade das águas se divide igualmente (33,3%) entre as condições *boa*, *aceitável* e *ruim* enquanto o IFQ classifica sete estações como aceitáveis (46,7%) do total analisado, e as outras estações distribuídas igualmente entre as condições *boa* e *ruim* (26,7%).

A Estação 1 (Caraça) se manteve como *boa* nos dois índices e para os dois períodos de estudo, evidenciando a ausência de fontes impactantes e confirmando sua classificação como "Estação Referência".

Esses resultados mostram que para a maior parte das estações o IB foi mais restritivo que o IFQ, ressaltando a necessidade da utilização de ambos para uma melhor caracterização da qualidade do ambiente.

ASSINE

CIÊNCIA HOJE

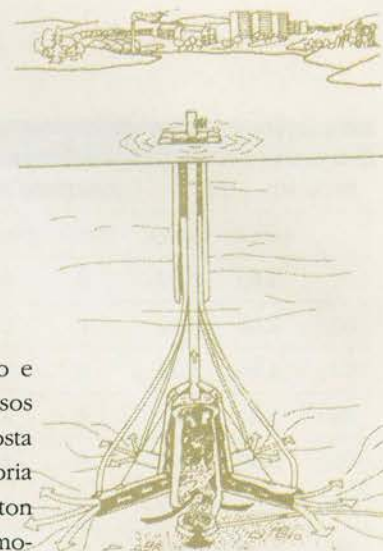
Envie seu pedido para

CIÊNCIA HOJE:

Av. Venceslau Brás 71,

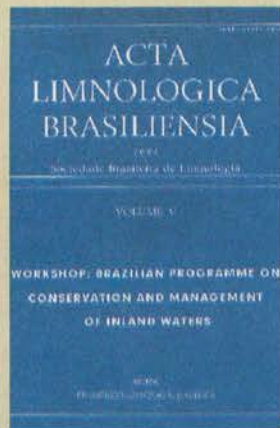
fundos, casa 27 • Botafogo • Rio de Janeiro • CEP 22290-140. Anexe cheque/vale postal no valor de R\$ 60,00 (por 11 números) ou autorize o débito no seu cartão pelo telefone (021) 295-4846 ou 270-0548 • Fax: (021) 541-5342.

Conservação e Manejo de Águas Interiores



A Sociedade Brasileira de Limnologia (SBL) vem atuando de forma significativa nos programas de conservação e manejo de águas interiores. Em 1992, sob a coordenação do Prof. Francisco A. R. Barbosa (UFMG), a SBL, em conjunto com a Fundação Biodiversitas de Belo Horizonte e a UFMG, promoveu um *workshop* sobre o tema. Após dois anos de edição, foram publicados pela SBL – como volume 5 da *Acta Limnologica Brasiliensia*, o periódico da SBL – os resultados desse *workshop*. O livro, *Brazilian Programme on Conservation and Management of Inland Waters*, publicado em inglês, com prefácio e conclusões apresentados também em português, inclui 17 artigos que versam sobre diferentes tópicos relativos ao uso sustentável de águas interiores no Brasil.

O Brasil possui os maiores recursos hídricos renováveis da América Latina (6.950 km³) e um consumo relativamente modesto desses recursos (212 m³/pessoa/ano). Este aspecto contribui para o uso indiscriminado desses recursos, resultando na degradação de corpos hídricos e no comprometimento das reservas futuras. A eutrofização, o assoreamento e a contaminação de ambientes aquáticos têm levado permanente ameaça à



BARBOSA, F.A.R. (ed.) ACTA LIMNOLOGICA BRASILIENSIA. Workshop: Brazilian Programme on Conservation and Management of Inland Waters. vol. V. Belo Horizonte, Fundação Biodiversitas-Sociedade Brasileira de Limnologia, 1994. 222p.

biota aquática, que por sua vez é pouco representada no atual sistema de conservação da natureza no país. Esse quadro mostra a necessidade de se adotarem medidas enérgicas que levem ao desejado uso sustentável dos recursos hídricos brasileiros e à conservação de recursos e habitats ímpares. Além disso, é fundamental a implementação urgente de programas de recuperação e monitoramento de áreas afetadas pela degradação ambiental e a adoção de um *Clean Water Act*.

Os trabalhos incluídos no volume são diversificados, sendo a maioria de interesse geral para cientistas e tomadores de decisão na área de gerenciamento de recursos hídricos. A necessidade de um

programa de conservação e gerenciamento de recursos hídricos no Brasil é exposta em três trabalhos de autoria de F. A. R. Barbosa, J. Hilton e E. von Sperling. De um modo geral, esses trabalhos identificam algumas áreas prioritárias para tais programas, e as principais metas são: o controle da eutrofização e a recuperação de sistemas degradados; o desenvolvimento de programas adequados de monitoramento, incluindo doenças de veiculação hídrica; a identificação de propostas de gerenciamento; e a definição de usos múltiplos de reservatórios. Embora bem substanciadas, essas propostas apresentam somente de maneira vaga os mecanismos legais para sua implementação. C. M. Bicudo termina essa primeira parte do livro apresentando uma revisão concisa sobre o decréscimo da biodiversidade em ambientes aquáticos.

Segue-se uma excelente revisão de J. G. Tundisi e M. Straskraba sobre as bases ecológicas para a aplicação de tecnologias ambientais à recuperação e manejo de reservatórios. Essas tecnologias são fundamentais na situação atual do país, que registra um aumento acelerado de áreas inundadas artificialmente, sobretudo para a geração de energia e de água para abas-

tecimento e fins agrícolas.

Sobre o mesmo tema o livro traz ainda as revisões de M. Petrere e M. C. L. Ribeiro, sobre os impactos ambientais do reservatório de Tucuruí – uma experiência única de alagamento de grande extensão florestal nos trópicos –; o texto de C. E. Torloni, sobre os recursos pesqueiros dos reservatórios de São Paulo, e o de H. P. Godinho e A. L. Godinho sobre ecologia e conservação de recursos pesqueiros em bacias do sudeste brasileiro submetidas a inundação para formação de reservatórios hidroelétricos. Todos os autores apresentam uma visão integrada dos problemas ambientais de grandes reservatórios. Ainda dentro do tema básico dos reservatórios, porém abordando aspectos mais restritos a um reservatório específico, segue-se o trabalho de M. E. Rolla e outros, sobre a limnologia do Reservatório de Volta Grande (MG).

Algumas importantes bacias de drenagem são também estudadas. De grande interesse são os trabalhos assinados por M. Coutinho e outros e por C. J. A. Ferreira e outros sobre os impactos ambien-

A liquidez da ética

tais antropogênicos e a ecologia e conservação de recursos pesqueiros do Pantanal. Destacam-se ainda os artigos de B. Faria e A. M. S. Oliveira, sobre o papel das bacias de drenagens na sedimentação de reservatórios; de R. Henry e L. Gouveia, sobre o transporte de nutrientes e sólidos na bacia do Alto Paranapanema; e de T. Watanabe e outros sobre a contaminação de bacias por rejeitos da cultura da cana-de-açúcar na Paraíba, além do texto sobre os impactos antropogênicos na bacia do rio Jacuípe na Bahia, de autoria de E. M. Silva e outros.

A conclusão do livro inclui as discussões e sugestões dos grupos de trabalho sobre eutrofização, biodiversidade e recuperação de recursos hídricos; sobre o impacto de atividades industriais e de uso de solos em bacias de drenagem e também sobre estratégias de monitoramento ambiental.

Embora a abrangência dos artigos seja muito variável, inclusive com alguns textos de interesse local, esta publicação da Sociedade Brasileira de Limnologia, preenche uma lacuna fundamental em relação ao gerenciamento de recursos hídricos no Brasil. O livro tem a importante função de levantar diversas questões que deverão nortear as discussões futuras visando a criação e implementação de um programa nacional de conservação e gerenciamento de ecossistemas aquáticos no Brasil.

Luiz Drude de Lacerda

Departamento de Geoquímica,
Universidade Federal Fluminense.

O motor da trama não poderia ser mais simples... e mais, insólito. Martin Pemberton, um apagado redator *freelancer* para jornais e revistas nova-iorquinos, chega à redação do *Telegram*, um dos jornais para que trabalha, e diz ter visto seu pai, Augustus Pemberton, morto tempos atrás, passeando de ônibus pela cidade.

A partir disso, Edgar L. Doctorow faz uma excursão pela Nova Iorque de 1871, uma cidade já de proporções metropolitanas, povoada por todo tipo de gente e, em especial para a história do livro, por cientistas extraviados. "A mecânica das águas" é, assim, mais que uma trama policial, uma curiosa análise da relação ambígua do leigo com a ciência, esse misto de respeito e de medo que transparece claramente na ficção científica (FC), cujas vigas mestras são o maravilhamento com respeito às dádivas da ciência e da tecnologia para a vida comum e o pavor de que elas custem um preço elevado demais a ser pago num futuro incerto. O interesse principal do livro está em ele justamente não ser FC, ganhando assim mais liberdade de exposição, saindo fora dos limites do gênero.



"A MECÂNICA DAS ÁGUAS", de E. L. Doctorow. Companhia das Letras, São Paulo, 1995, tradução de Paulo Henriques Britto, 231 páginas.

Augustus Pemberton foi um homem rico e oportunista, daqueles arquitetos de grandes planos de corrupção que, anos depois da morte dos envolvidos, são vistos com admiração, como estereótipos de intrepidez e visão, e não como puros e simples criminosos. No leito de morte, afastado da segunda mulher e de Martin, filho de seu primeiro casamento, Au-

gustus tem uma preocupação central: desviar a morte de seu caminho. As vias abertas são poucas e a mais instigante e promissora é a fornecida pela clínica do enigmático doutor Sartorius, médico brilhante, cientista solitário, curandeiro, inventor...

Como em tantas outras novelas que mostram cientistas solitários, esta apresenta um homem avançado demais para seu tempo que deve, portanto, abandonar o convívio da comunidade a que pertence e se retirar para algum lugar isolado, a fim de continuar desenvolvendo seu trabalho. Mas, à diferença dessas mesmas novelas, Doctorow mostra que esse gênio precisa de dinheiro e nada melhor que conseguiu-lo junto a milionários, oferecendo-lhes o que mais desejam: vida eterna. Nesse ponto, Sartorius é razoavelmente honesto, pois oferece vida, o que não é si-

nônimo de consciência. Até o momento, todo seu esforço teve êxito apenas em manter vivos os corpos, sem vestígio dos fantasmas que uma vez os animaram. Mas essa promessa já é suficiente para mobilizar milhões para seu bolso. Nisso, não difere do que fazem tantos cientistas (reais), que adornam



projetos pessoais – não que não sejam, em si, relevantes – com floreios retóricos como “pode ser relevante para a cura de x” ou “está relacionado à solução do problema social y”. Depois de conseguido o financiamento e realizado o projeto, bastará dizer que “os indícios continuam fortes, o que exige mais dinheiro”, ou que “infelizmente, a correlação suposta não se verificou”, e tudo estará esquecido.

O autor explora pouco as técnicas vivificadoras de Sartorius – afinal, não se trata de FC. Tudo de que o leitor é informado é que são usadas substâncias retiradas dos corpos de crianças e ambientes muito úmidos: por isso a localização (secreta) da clínica, próxima de uma usina de tratamento de águas. Descoberta a clínica e revelados em parte os métodos de Sartorius, só resta prendê-lo e libertar os mortos-vivos, para que peçam pouco depois e retomem seu caminho natural para o além.

Toda a história dos trâmites na clínica é contada em *flash-back* por Martin, que, indo atrás do tal ônibus, acaba por descobrir Sartorius e se tornar um misto de assistente e refém. Tentando, um dia, escapar da clínica, é preso, para ser descoberto quase morto, jogado em uma masmorra, pelos policiais que desmontariam a clínica e prenderiam seu diretor.

O relato de Martin levanta as questões mais interessantes do texto. Por exemplo: qual o limite ético para se fazer ex-

perimentos científicos? Antes de conhecer o doutor, Martin tem certeza de qual é esse limite: basicamente, a linha é representada por um vago respeito a uma vaga noção de dignidade humana. Mas Sartorius é um gênio – como ficou provado pelas inúmeras inovações que introduziu na prática da cirurgia e da clínica, enquanto foi oficial-médico do Exército nortista, durante a Guerra Civil Norte-Americana – e gênios devem ousar, por definição. Além disso, genialidade e ousadia não têm nada de antinatural. Assim, por que se devem impor limites ao gênio dos cientistas? E, se se decidir fazê-lo, qual o limite que se deve traçar para afirmar que tal ou tal linha de pesquisa é aceitável? A ousadia e a coragem de Sartorius seduzem Martin, a ponto de ele concordar inteiramente com as práticas do doutor e conviver sem maiores problemas com os zumbis que povoam a clínica. *“Ele [Sartorius] é um cientista, não tem consciência, essa fonte de fraqueza”*, relata Martin.

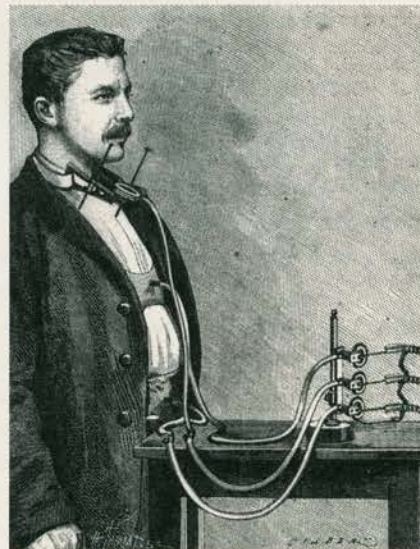
Mas Martin sempre soube da verdade acerca dos métodos do doutor. Quando, ainda intrigado com o aparecimento do pai naquele ônibus, pediu que se fizesse a exumação de seu corpo, tudo o que encontrou foi o cadáver de uma criança. Martin sabia, portanto, o preço das experiências de Sartorius para trapacear a morte. Mas ele as esqueceu provisoriamente – e conscientemente –, dada sua fascinação com o doutor. Quando recobrou plena consciência

sobre o que estava acontecendo, foi preso e alijado a uma masmorra, para morrer.

Martin passa da perplexidade para a aquiescência, para a fascinação, para o horror, da mesma forma que, confrontado com novidades científicas, o leigo (e o cientista, por que não?) passa do maravilhamento para

um cômodo esquecimento das implicações da novidade, para a fascinação com o novo brinquedo e, finalmente, para o horror com as consequências, com o preço a ser pago por tudo. E todos sabem o quanto isso é grave e comum. Os cientistas que participaram do projeto Manhattan sabiam perfeitamente o que faziam e qual o objetivo final daquilo. Pouco importa que se referissem, depois, com desprezo, aos horrores trazidos por seu trabalho. Doctorow explora cuidadosamente esse estado de espírito que possibilita o empreendimento científico e tecnológico, essas suspensões de princípios éticos com que, em maior ou menor grau, todos os envolvidos (seja na produção, seja no uso) concordam.

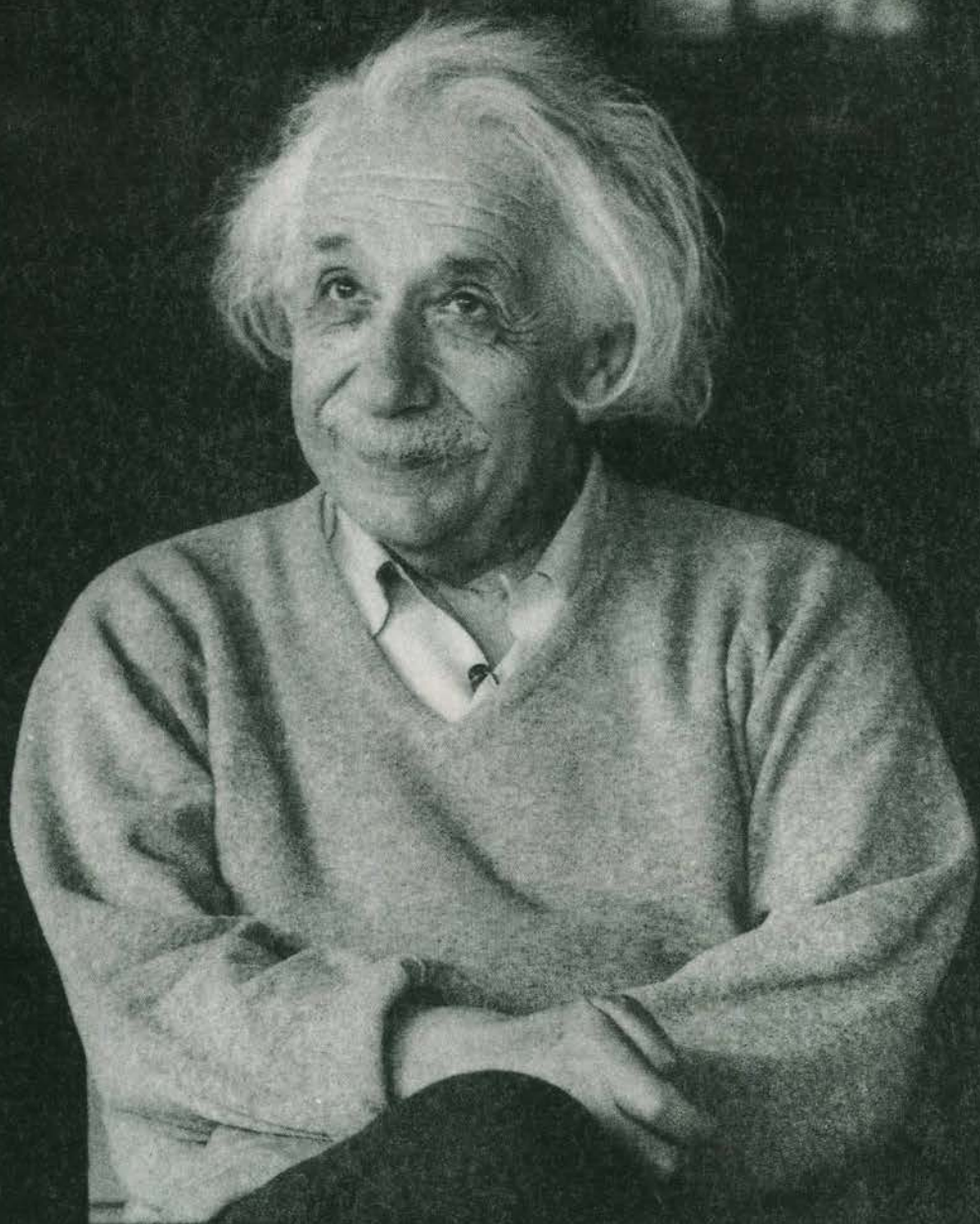
Há quase 100 anos, H. G. Wells escreveu um livro que trazia para a literatura uma discussão muito semelhante: “A ilha do dr. Moreau”, de 1896. Neste, um naufrago aporta em uma ilha na qual



um médico tenta transformar animais em seres humanos, por meio de bárbaras técnicas de vivissecção. De volta a Londres, Prendick, o ex-náufrago salvo do horror da ilha, vê as pessoas passando pelas ruas, animalizadas pelo cotidiano massacrante. Serão elas, realmente, seres humanos? Seria a escala entre animal e humano assim tão rígida, para que o doutor Moreau realmente pudesse ser censurado? Não, é a resposta que Prendick considera a mais razoável. Martin Pemberton passa da fascinação para o horror, e abomina os métodos de Sartorius. Prendick passa do horror para a resignada aceitação de que todo princípio ético é provisório e, em última análise, falso, em vista do progresso científico. Em meio a essa discussão, estamos todos, sem saída e sem uma resposta adequada. Se é que existe alguma.

Jesus de Paula Assis

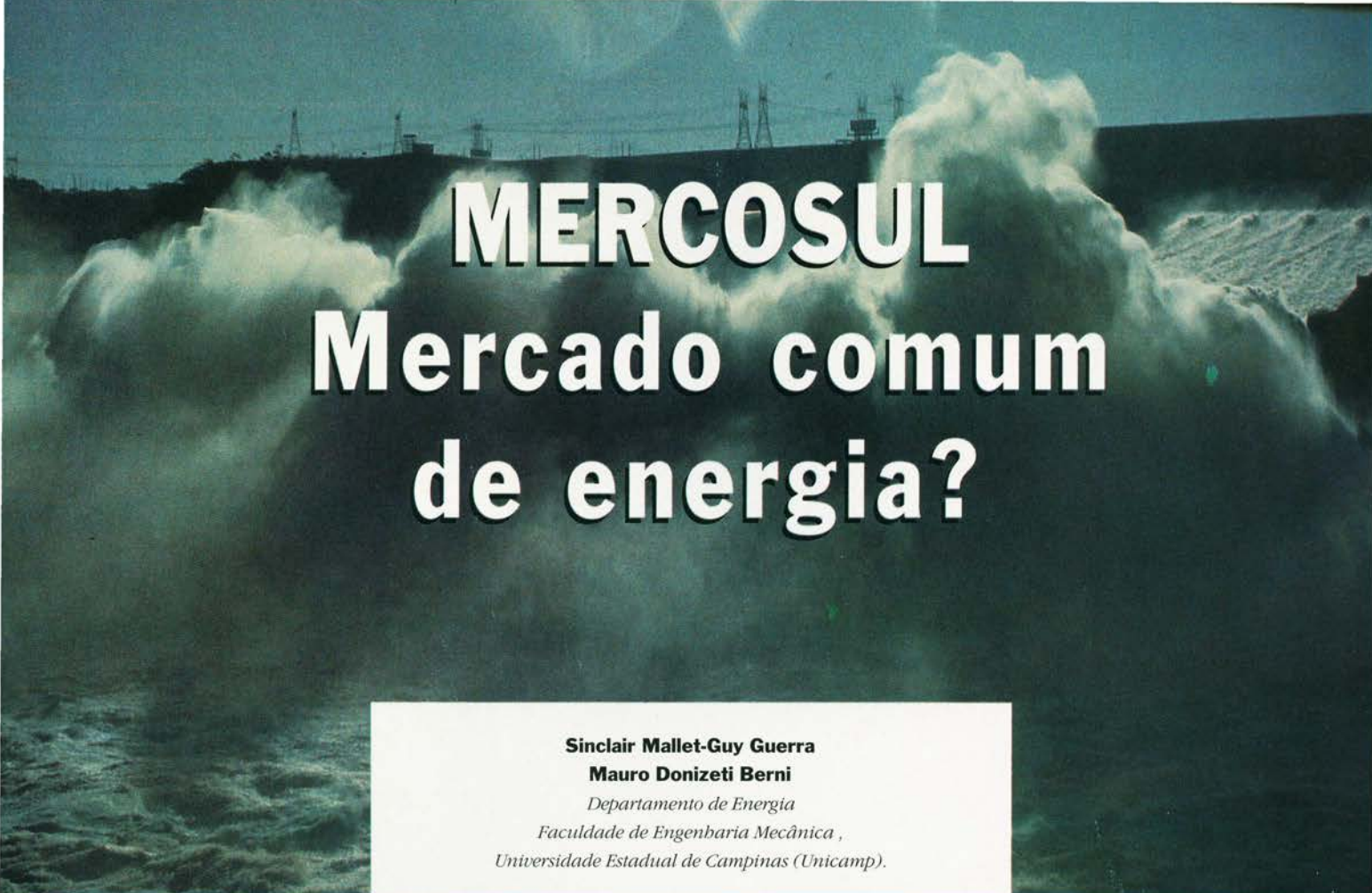
Colaborador de Ciência Hoje.



**NINGUÉM
PRECISA TER Q.I. DE GÊNIO PARA
ENTENDER COMO É IMPORTANTE
APOIAR A CIÊNCIA.**



APOIAR A CIÊNCIA É GARANTIR O FUTURO.



MERCOSUL

Mercado comum de energia?

Sinclair Mallet-Guy Guerra

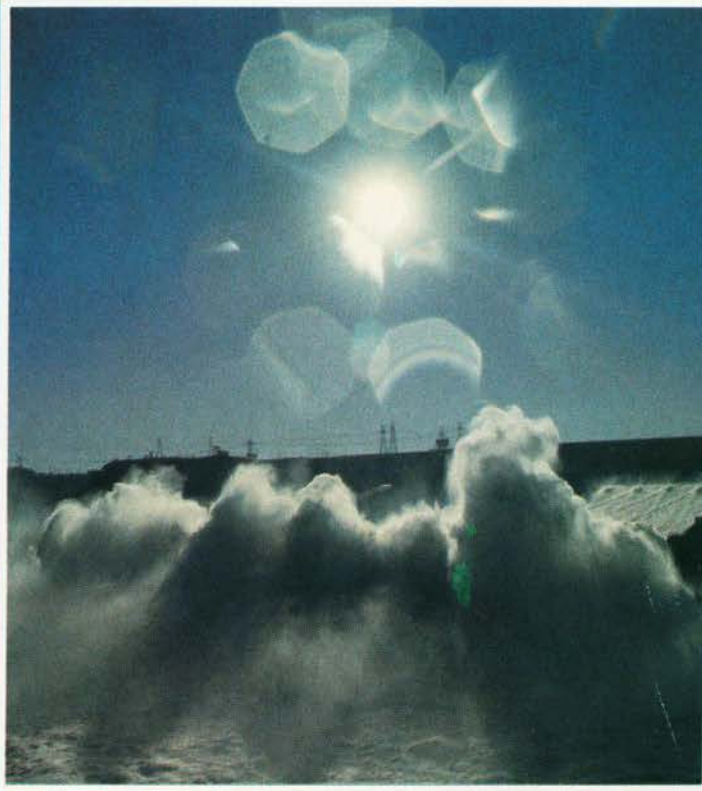
Mauro Donizeti Berni

Departamento de Energia

Faculdade de Engenharia Mecânica,

Universidade Estadual de Campinas (Unicamp).

COM UM POTENCIAL HÍDRICO CLASSIFICADO ENTRE OS MAIORES DO MUNDO, E UMA PLATAFORMA MARÍTIMA CONTINENTAL RICA EM PETRÓLEO, O BRASIL PRECISA ACELERAR O INTERCÂMBIO COM OS DEMAIS PAÍSES DA AMÉRICA LATINA PARA A PRODUÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA. NO QUADRO DA CRIAÇÃO DOS GRANDES MERCADOS INTERNACIONAIS,



ENCONTRAMOS, DESDE O INÍCIO, ELEMENTOS DE POLÍTICA ENERGÉTICA. EM AMBOS OS CASOS, A IMPLANTAÇÃO DE MECANISMOS REGULADORES, PROPAGADORES E IMPULSIONADORES DA GERAÇÃO E DO CONSUMO DE ENERGIA FOI UM DOS ELEMENTOS-CHAVE. TAMBÉM ENTRE NÓS, A IMPLEMENTA-

TANTO NA EUROPA, QUANTO NA AMÉRICA DO NORTE,

ÇÃO DO MERCADO COMUM DO CONE SUL - MERCOSUL - PASSA, PELA QUESTÃO ENERGÉTICA.

A energia, força mágica que move e ilumina o mundo, tem ao longo da História exercido um duplo papel nas relações internacionais. A resolução de questões energéticas está na raiz do desenvolvimento das grandes economias mundiais. Ao mesmo tempo, a cobiça pelo controle das fontes de energia tem servido de estopim para sangrentas disputas.

Exemplos atuais dessas lutas foram a chamada Guerra do Golfo e, mais recentemente, a intervenção russa em território checheno. Segundo a revista *The Economist*, a importância estratégica da Chechênia se deve ao fato de ser ali o único caminho para a construção de um oleoduto que traria o rico petróleo do Azerbaijão até a Rússia, dispensando a boa ou má vontade do Irã e da Turquia.

Na América Latina, especialmente entre os países que formam o Cone Sul do continente, questões como as divergências sobre energia nuclear, por exemplo, tão agudas há algumas décadas, hoje já estão superadas. Agora, o que está em discussão é como ampliar e utilizar o potencial energético da região, para fortalecer o Mercosul e, através dele, as economias dos países associados.

ORIGEM DOS BLOCOS ECONÔMICOS: O CASO EUROPEU

No mundo em transformação, no qual vivemos, a formação de blocos econômicos regionais tornou-se uma realidade cada vez mais fortalecida, superando, muitas vezes, antagonismos históricos. A primeira experiência, nascida na Europa esfacelada do pós-guerra, mostrou que a soma de esforços entre vários países, assim como a consequente queda de barreiras nacionais trazem mútuas vantagens. Sem falar que o incremento do comércio reduz e até mesmo anula os riscos de guerra.

A União Européia (UE) – o nome substitui, desde o início de 1994, a antiga Comunidade Econômica Européia (CEE) – conta hoje com a participação de 15 estados membros e, ainda outros, como a Turquia e os países do Leste Europeu, na fila de espera. Esse gigantesco mercado surgiu, no entanto, pequeno e tímido, no final dos anos 40, das cinzas de uma Europa devastada pela Segunda Guerra, quando era imperiosa a necessidade de medidas urgentes para seu renascimento econômico e social.

O ponto de partida foi a iniciativa da França e da Alemanha, de superar seus antagonismos, reerguendo nos dois países, o parque industrial destruído pela guerra. A existência do Plano Marshall, liberando verbas americanas para a reconstrução, tornou viável a recuperação. A concepção do

Plano Schumann (1949), de cooperação franco-germânica, garantiu sua realização. Assim, do esforço conjunto, nasceu, oficialmente, em 1951, a Comunidade Européia do Carvão e do Aço (CECA). Ou seja, desde aquele primeiro momento, a questão energética, na época representada pelo carvão, se fez presente como elemento indispensável na recuperação industrial.

Em 1957, o Tratado de Roma ampliou o leque europeu de abrangência, com a criação da Comunidade Econômica Européia (CEE), reunindo naquela data, os interesses de seis nações: à então Alemanha Ocidental e à França, vieram se associar Itália, Bélgica, Luxemburgo e Países Baixos. O objetivo era permitir a formação de um mercado comum, através da progressiva união alfandegária e econômica. Paralelamente, encontrava-se também neste embrião da atual União Européia, a preocupação com a questão energética, representada pelo potencial atômico. Esse assunto era, a tal ponto, de importância vital, que na mesma data, 25 de março de 1957, foi também constituída a Comunidade Européia de Energia Atômica (Euratom), agência comum dos países da CEE para aproveitamento e controle da energia nuclear.

Assim, o acompanhamento da longa trajetória de mais de 40 anos que conduziu, hoje, à União Européia, mostra, na sua implantação, passo a passo, que os laços básicos entre energia e mercado comum foram fundamentais.

O BLOCO DOS PAÍSES DA AMÉRICA DO NORTE

As condições iniciais para a formação de um acordo de livre-comércio entre Estados Unidos e Canadá já existiam há muitos anos. Os debates a respeito tiveram início em 1985 até a formalização do acordo bilateral, em 1989, oficializando entre os dois países um intercâmbio, que na prática, ocorria há pelo menos dois séculos.

Na questão energética, houve, da parte canadense, a necessidade de uma série de transformações regulamentares, feitas durante aquele período de quatro anos. O objetivo foi facilitar a exportação de gás natural. Um caso exemplar ocorreu na província de Alberta, onde um forte monopólio concentrava, através de rígidos contratos, a comercialização deste tipo de recurso natural. Após intensas discussões, os novos contratos passaram a ser firmados diretamente entre produtores e consumidores. Ainda assim, os contratos firmados anteriormente permanecem, restringindo a venda direta de quantidades inferiores a um milhão de metros cúbicos, anuais.

No tocante à energia elétrica, apesar do grande potencial

canadense, como a produção é de responsabilidade de cada uma das províncias, ocorrem casos de importações desse energético dos Estados Unidos. Em outras regiões do Canadá, no entanto, o que acontece é, ao contrário, exportação de eletricidade para os americanos.

Em final de 1993, com a adesão do México aceita pelos Estados Unidos e Canadá e, ainda, com o acerto ou, pelo menos, o adiamento de muitas das pendências entre americanos e canadenses, ficou viabilizado o funcionamento do Acordo de Livre Comércio da América do Norte (Nafta).

O conteúdo do Nafta é bem amplo, diversificado e até mesmo arrojado. Nele se destaca a criação de dispositivos claros e diversificados, quanto ao mercado de energia. O insumo energético é de relevante importância nas relações entre os três países. O Canadá, por exemplo, tem uma grande participação como país exportador de petróleo, gás natural e eletricidade.

Também o aporte energético mexicano é de grande valor: foi de olho no rico petróleo de seu vizinho, que os Estados Unidos moveram, no passado, guerras e anexações, a preço de banana. Hoje, os métodos são outros, mas a parceria comercial e o socorro nos tempos difíceis da crise mexicana ilustram bem a relevância da questão energética no Nafta.

OS CAMINHOS DE INTEGRAÇÃO NA AMÉRICA LATINA

Durante todo o século XX, houve muitas tentativas de acordos comerciais entre os diversos países da América Latina. No fim, a maioria delas foram experiências malogradas, por falta de condições objetivas. Sem uma definição clara de metas e prazos que garantissem sua continuidade, muitos desses acordos não saíram do papel ou duraram muito pouco para permitir que se colhessem resultados.

Alguns ainda se mantêm em vigência, como o Pacto Andino, o Mercado Comum Centro-Americano (MCCA) e a Associação Latino Americana de Livre Comércio – ALALC, criada em 1960, e desde 1980, transformada em agência de integração com o nome de Associação para a Integração Latino Americana (AILA). Mas apesar dos esforços dispendidos e, até da obtenção de algum sucesso esporádico, nenhum desses acordos permitiu um avanço maior em direção à formação de um verdadeiro bloco comercial latino-americano. Isso até o surgimento do Mercosul.

Em meados dos anos 80, depois de conturbados processos ditatoriais das décadas anteriores, vários países da América Latina experimentaram a normalização de suas vidas políticas. Enquanto os regimes militares iam sendo substituídos por governos civis, desconfianças históricas iam também caindo

por terra. Em novembro de 1988, um acordo assinado entre os então presidentes Raúl Alfonsín, da Argentina, e José Sarney, do Brasil, foi o primeiro passo no sentido de uma aproximação que englobasse não apenas os dois países, mas ainda o Uruguai e o Paraguai. Delineava-se ali o contorno de formação do Mercosul.

O passo seguinte foi a assinatura do Tratado de Assunção, em março de 1991, entre os novos presidentes eleitos nos quatro países. Naquela ocasião, impõe-se a definição de metas que levassem à criação de um mercado comum regional, o Mercosul, caracterizado pela livre circulação de bens, serviços e fatores produtivos, com políticas comerciais comuns em relação a outras nações ou blocos. Também se propôs aos integrantes do acordo a coordenação das várias políticas setoriais específicas, no campo agrícola, industrial, de transporte, comunicações etc. O setor energético, em particular, foi considerado como um dos mais promissores para a consolidação das relações entre os países signatários.

Ficou claro, naquela data, que os graves desequilíbrios macroeconômicos apresentados pelos diferentes parceiros do Mercosul não permitiriam no prazo estabelecido de apenas quatro anos a harmonização completa de todas as políticas econômicas necessárias à implantação de um verdadeiro mercado comum.

Entre outros fatores pesava, naquela época, a brutal carga da dívida externa, fator restritivo à retomada de desenvolvimento da região. Segundo dados da Organização Latino-Americana de Energia (Olade), os quatro países participavam com quase metade (46,5%) do total de 424,4 bilhões de dólares da dívida externa latino-americana.

A última etapa na consolidação do Mercosul foi a assinatura do Protocolo de Ouro Preto, firmado no final do governo Itamar Franco. Assim, no dia 1º de janeiro de 1995, oficialmente entrou em vigor o bloco econômico dos quatro países do Cone Sul e ao qual deverão ser agregados dentro de algum tempo, o Chile e a Bolívia.





ENERGIA: FATOR DE CONCILIAÇÃO

Lamentavelmente, os países da América do Sul têm uma visão muito provinciana quanto aos problemas comuns. O desconhecimento por uns, dos problemas dos demais é ainda um fato generalizado quer na política, quer na economia, quer nas questões sociais e ambientais. A realidade é que, estando todos à procura de um caminho próprio, deixam de ver o potencial que se abre à sua frente, caso se tomassem ações conjuntas. A cooperação de interesses comerciais, em que a energia desponta como matéria-prima básica, pode vir a se tornar uma das alternativas para superar este distanciamento.

As necessidades comerciais, no setor energético, entre os países membros do Mercosul são complementares. Alguns deles dispõem de recursos energéticos sobrando, para completar a demanda de outros. Gás natural, energia elétrica e petróleo são três energéticos usados nessa complementação.

GÁS NATURAL

De acordo com dados da Olade, dos quatro países que já integram o Mercosul, apenas a Argentina e o Brasil produzem e consomem gás natural. Das reservas comprovadas, 83,5% estão do lado argentino, o que nos torna importadores deste insumo, uma vez que a demanda brasileira é bem superior. Com a produção da ordem de 26,6 bilhões de m³/ano (dados de 1992), estima-se que a região possui suprimento garantido para cerca de 26 anos.

Estudos desenvolvidos para ampliar a comercialização do gás natural entre os dois países já estão em andamento. Um dos projetos prevê a implantação de um gasoduto de 2.400 km, a partir de Salta, na Argentina, passando pelo Uruguai e atravessando 900 km, em território brasileiro, do Rio Grande do Sul

até São Paulo. Os investimentos nesse projeto foram orçados em 1,9 bilhão de dólares.

A projeção da demanda de energia elétrica demonstra que a atual capacidade instalada está prestes ao esgotamento. Com o crescimento de 4% ao ano, no nível de atividade da região, o gás natural surge como uma das principais opções para a geração de eletricidade. Nesse sentido, quatro aspectos devem ser ressaltados:

O primeiro refere-se à escassez de recursos financeiros para investimentos em hidrelétricas, comparativamente maior que o da geração de eletricidade a partir do gás natural. O segundo é o tempo necessário para execução de obras. O terceiro diz respeito à disponibilidade da fonte de energia primária, sobretudo na Argentina, como também a grande experiência desse país em centrais a gás natural. Finalmente, o quarto refere-se aos impactos ambientais decorrentes da geração de eletricidade que são muito menores.

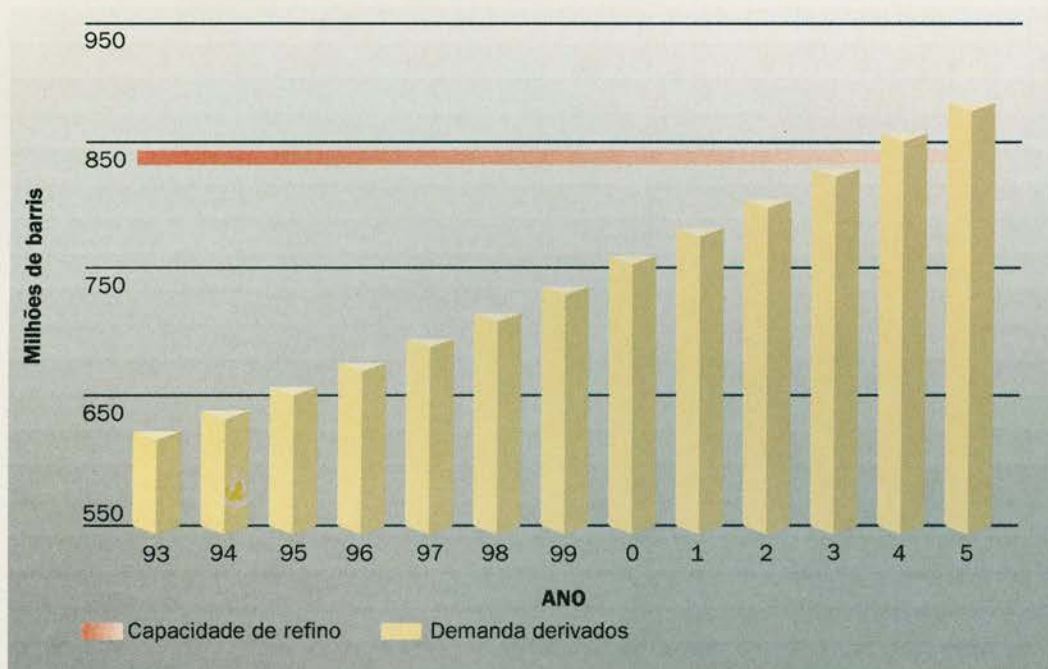
ENERGIA HIDRELÉTRICA

A utilização crescente do gás natural, no entanto, não exclui avanços em direção a uma maior intensificação do aproveitamento hidrelétrico do sistema de rios compartilhados da região. Os países do Mercosul possuem larga experiência em projetos hidrelétricos binacionais: Brasil/Paraguai, com a usina de Itaipu (12.600 MW); Argentina/Paraguai, com a usina de Yacyretá (4.050 MW) e Argentina/Uruguai, com a de Salto Grande (1.890 MW). Mais ainda: já há uma efetiva participação de transações intra-regionais, com o sistema elétrico interligado nos quatro países.

Assim, considerando a nova realidade do bloco econômico, o conceito de companhia elétrica *binacional* poderia se estender ao de *regional*, uma vez que no conjunto dos quatro países há necessidades respectivas de se atender à demanda crescente em uma conjuntura de escassez de recursos para novos investimentos. É bom lembrar que problemas de suprimento de eletricidade ainda não são tão sentidos, por causa do relativamente fraco desempenho econômico dos países do Mercosul. À medida que cresça o desenvolvimento, com o aumento da produção industrial, a situação do setor pode chegar de crítica a caótica.

PETRÓLEO

Principal fonte de energia da região, o petróleo tem um grande potencial de cooperação entre os países integrantes do Mercosul.



**Mercosul –
Capacidade de refino
versus demanda de
derivados.**

Dos quatro, o único com auto-suficiência petrolífera é a Argentina. O Brasil, apesar de ter aumentado muito sua capacidade produtiva nos últimos anos, ainda tem de recorrer à importação. Já Paraguai e Uruguai, sem reservas petrolíferas, têm de atender suas necessidades internas, via importações.

A ampliação da atual capacidade de produção argentina é um objetivo que pode ser mais facilmente alcançado, através de esforços de cooperação mútua, de grande proveito para todos os parceiros. No ano passado, a descoberta de possíveis e extraordinárias reservas na plataforma continental junto às ilhas Malvinas levou a um *pool* internacional de prospecção e exploração, em que se juntaram a British Petroleum, a YPF argentina e também a Petrobrás, com larga experiência no setor.

É dentro desta nova concepção pluralista, da qual decorre o estabelecimento de políticas e estratégias regionais, que será possível superar situações que possam comprometer a segurança do abastecimento energético da região.

É preciso lembrar também que, o intercâmbio comercial não se limita, no caso brasileiro, à importação do óleo bruto argentino ou de qualquer outro país produtor. Graças à grande capacidade de refino (ver figura), a demanda projetada nos próximos 10 anos não esgota a capacidade já instalada. Isso faz com que o Brasil venha tendo grandes excedentes de gasolina. Exportados, eles servem para reequilibrar as contas de nossa balança comercial. Assim, através dos derivados, pode-se conseguir, na área de petróleo, um intercâmbio completo com os demais países do Cone Sul.

NO CAMINHO DAS SOLUÇÕES COMPARTILHADAS

Evidentemente que não se trata de percorrer um trajeto fácil. Basta observar como tem sido o processo de integração dos outros dois blocos ocidentais para se ter uma idéia de que Roma não se fez em um dia. Graças às experiências alheias e ainda àquelas que já foram vividas nos primeiros anos de implantação do Mercosul, é possível aprender lições valiosas. Também, muitos dos erros iniciais poderão agora ser evitados e corrigidos.

O erro inicial dizia respeito ao tempo proposto aos países integrantes do Mercosul. Superada essa deformação de iniciativa, a experiência demonstra que as etapas de consolidação devem ter por base mecanismos indutores à integração, apoiados na convergência de interesses reais.

As diferenças entre os quatro países são várias, estratificadas e exigem um longo prazo para serem contornadas. As restrições financeiras e ambientais impedem as soluções isoladas. Estas só levariam ao agravamento das débeis relações sociais nos países do Mercosul. Usando a expressão de J.T. Araújo Jr. em artigo publicado na *Revista de Economia Política* se faz, agora, mais do que nunca, necessária a busca de soluções "compartidas".

Ao setor energético, por intermédio dos três insumos aqui mencionados, caberá um papel decisivo, como agente facilitador do processo de integração, objetivo de criação do bloco econômico do Mercosul.

A DEMANDA ENERGÉTICA DO MERCOSUL

Para efeito de projeções do consumo final dos energéticos, segundo a perspectiva de intercâmbio na região, considerou-se a tendência histórica de crescimento do PIB, com ligeira elevação – 4% ao ano – no período compreendido entre 1993 e 2005.

A projeção do consumo final foi realizada a partir da relação:

$E = K \times I^e$, onde

E = Consumo final de Energia, fonte i

K = Constante

I = Indicador de atividade econômica (PIB)

e = Elasticidade de consumo

Reservas, produção, capacidade instalada de processamento e projeção de consumo final, todos esses componentes propiciam a comparação com as possibilidades que a integração energética favorece. Observe-se que não foram considerados nas projeções descritas, eventuais avanços tecnológicos, com

a introdução de novos equipamentos produtores e melhorias de eficiência de consumo.

O que está em pauta, neste artigo, é somente a discussão em torno das possibilidades futuras de demanda de energia nos países do Mercosul.

Sugestões de leitura:

ALMEIDA, P. R. *Mercosul: Legislação e textos básicos*. Brasília, Senado Federal, 1992.

ARAÚJO JR, J. T. "A Opção por soberanias compartilhadas na América Latina: o papel da economia brasileira". In: *Revista de Economia Política*, v.12, nº 1(45), janeiro, 1992.

COUTINHO, B. M. C. *et alli*. "Perspectivas de interconexão elétrica na América Latina". In: *Revista São Paulo de Energia*, ano VII, nº 61, 1990.

FOLHA DE S. PAULO. "Mercosul: as fronteiras começam a cair", 26/01/1995.

MARCOVITCH, J. "Integração energética na América Latina". São Paulo, Instituto de Estudos Avançados/USP, Agosto, 1992.

NAKANO, Y. "Globalização e Comércio Mundial". In: *Revista de Economia Política*, vol. 14, nº 56, 1994.

H₂O

Sem tecnologia, quase tudo entra pelo cano. Menos a água. Por isso, o IPT realiza estudos para preservação de aquíferos; impacto ambiental; uso racional da água na irrigação e em aparelhos sanitários; tratamento de efluentes; além de ensaios e análises. Tecnologia adequada melhora a qualidade de vida e economiza água, um recurso vital. O futuro agradece.

IPT

INSTITUTO DE
PESQUISAS
TECNOLOGICAS

Cidade Universitária
Armando de Salles Oliveira
Butantã - CEP 05508-901
São Paulo-SP
Telefax (011) 869-3353
Telefone (011) 268-2211

A Pesca de Água Doce no Brasil

Miguel Petrer Jr.

*Departamento de Ecologia,
Universidade Estadual Paulista - Rio Claro.*

A PESCA DE ÁGUA DOCE É UMA ATIVIDADE TRADICIONAL EM NOSSO PAÍS. INICIALMENTE PRATICADA APENAS PELOS ÍNDIOS, DESDE A ÉPOCA DA COLÔNIA TRANSFORMOU-SE EM ATIVIDADE ECONÔMICA IMPORTANTE E ASSIM SE MANTÉM. EM MUITAS REGIÕES É A ÚNICA FONTE DE PROTEÍNA DISPONÍVEL ÀS CAMADAS

MAIS POBRES DA POPULAÇÃO, INCLUSIVE NAS GRANDES CIDADES ONDE HÁ CORPOS D'ÁGUA ADEQUADOS PARA A PESCA, COMO NAS REPRESAS BILLINGS E GUARAPIRANGA, EM SÃO PAULO, NO LAGO DA PAMPULHA, EM BELO HORIZONTE, NO LAGO PARANOÁ EM BRASÍLIA ETC.



A FAUNA DE PEIXES DE ÁGUA DOCE NA AMÉRICA DO SUL É A MAIS RICA DO MUNDO, PRINCIPALMENTE A DA BACIA AMAZÔNICA. NELA, ATÉ 1967, HAVIAM SIDO DESCRITAS 1.300 ESPÉCIES, PARA UM TOTAL ESTIMADO DE CINCO MIL, PERFAZENDO 1/4 DO TOTAL DE ESPÉCIES DE PEIXE

EXISTENTES. MAS É PRECISO HAVER UMA POLÍTICA AMBIENTAL QUE GARANTA A RENOVAÇÃO DOS ESTOQUES NATURAIS DE PEIXES, QUE HOJE ESTÃO AMEAÇADOS, E MANTENHA A ATIVIDADE PESQUEIRA NO PAÍS.

Segundo dados da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), no ano de 1990 foram desembarcadas no mundo pouco mais de 97 milhões de toneladas de pescado, das quais cerca de 14.500 t (14,9%) são oriundas da água doce. Estima-se que no Brasil foram desembarcadas 800 mil toneladas (0,8% do total mundial), das quais cerca de 210 mil toneladas (26,2%) são de água doce.

Essas estatísticas para o Brasil, entretanto, devem ser encaradas com cuidado, pois desde a metade da década de 70, por falta de verbas, o sistema nacional de coleta de dados de captura e esforço pesqueiro – o que se investe para capturar o peixe e que pode ser medido em horas de arrasto, número de redes empregadas, número de pescadores etc. – não é confiável, para muitas pescarias.

Até o início da década de 50, a maior parte das pescarias era feita nos rios, com grandes capturas de peixes migradores, de alto valor comercial. Assim, na bacia do Paraná, eram muito capturados o dourado (*Salminus maxillosus*), o pintado (*Pseudoplatystoma coruscans*), o jaú (*Paulicea luetkeni*) etc. Com o início da industrialização, esses rios começaram a ser utilizados para a geração de energia elétrica e, hoje, as pescarias nessa bacia se dão principalmente em represas, com a captura de espécies de menor valor comercial como a sardela ou mapará (*Hypophthalmus edentatus*), o armado (*Pterodoras granulosus*) etc. Isso porque a barragem interfere com as rotas de migração, e as escadas de peixe – que até hoje são a única obra de engenharia adotada em nosso país para remediar o impacto causado – na maioria das vezes, são ineficientes.

O mesmo fenômeno ocorreu no rio São Francisco. Os pescadores que pescam na represa de Três Marias, trabalham em média 240 dias/ano, enquanto aqueles que pescam no leito do rio, a jusante da barragem, trabalham 180 dias/ano e ganham 4,73 vezes mais. As pescarias de represa são típicas de lago, onde são empregados a malhadeira e a linha e anzol. Já as pescarias de rio, principalmente na Amazônia, se dão com o emprego da rede de arrasto, que pode atingir até 600 m de comprimento, por 13 m de altura, com rede de cerco, linhada etc.

As pescarias de água doce, que podem ser classificadas de vários modos, são aqui agrupadas em cinco categorias: (1) pescaria industrial da piramutaba (*Brachyplatystoma vaillantii*), na foz do Amazonas. Essa é a única pescaria industrial de água doce, que captura só essa espécie de bagre, onde são empregados barcos de casco de ferro, pesando até 108 t; (2) pescarias artesanais de grande escala, que se processam com barcos tipo geleira, de madeira. Em alguns casos são percorridas grandes distâncias, como nas pescarias artesanais da frota pesqueira de Manaus que, em uma única viagem, podem percorrer até 8 mil km; (3) pescarias artesanais de pequena escala, empregando principalmente canoas, com ou sem

motor ou caixa de gelo, em viagens curtas; (4) pescarias de subsistência, nas quais, durante o período de safra, o pescador pode vender o excedente; e (5) pescarias esportivas.

Seguindo o procedimento adotado pelo biólogo Melquíades Pinto Paiva da Universidade Federal do Ceará, as pescarias de água doce, devido a sua diversidade, serão descritas por bacia. Podemos dividir o Brasil em cinco grandes bacias hidrográficas: (1) a bacia amazônica; (2) a do Nordeste; (3) a do rio São Francisco; (4) a do Leste; e (5) a do rio Paraná, que aqui inclui o Pantanal.

A PESCA NA AMAZÔNIA

A pesca na Amazônia é a mais bem estudada na América do Sul, com potencial pesqueiro estimado em 1.500 mil t/ano e no estuário em torno de 450 mil t/ano. Até o século passado, a pesca ainda seguia o método praticado pelos índios, mas, no decorrer do século XX, novos aparelhos de pesca foram sendo incorporados. Assim, as velhas práticas de salgar e defumar o pescado se tornaram secundárias e o pescado destinado ao abastecimento regular passou a ser conservado em gelo. Isso propiciou o desenvolvimento de uma classe de pescadores semi-artesanais, que profissionalizou-se ao regularizar o abastecimento dos mercados de pescado das principais cidades da região.

Apesar de sua tradição e importância, desde a implantação da política de integração da Amazônia à economia nacional – com a abertura de estradas, construções de hidrelétricas, garimpo, agricultura e pecuária extensiva – a atividade pesqueira tem mudado rapidamente.

A pesca na Amazônia se dá principalmente na várzea dos rios, que é periodicamente inundada e pode ser estimada em cerca de 200 mil km², no leito dos rios e nas represas que começaram a ser construídas na década de 70. Dentre estas, destaca-se a de Tucuruí com 2.830 km² de área inundada.

A várzea propicia atividades tão importantes, que a antropóloga americana Betty Meggers dividiu os índios da região em dois grupos: os índios da várzea e os da terra firme. Os primeiros habitavam as margens dos grandes rios e praticavam principalmente a pesca e a agricultura de vazante, como os Omáquia e os Tapajós, e hoje encontram-se praticamente extintos, em função de sua maior vulnerabilidade ao ataque dos colonizadores. Os índios de terra firme praticam a caça, a pesca em riachos da floresta, a coleta, a agricultura itinerante. Por estarem localizados mais para o interior, como os do Alto Xingu, do norte de Mato Grosso, do sul do Pará (Kayapó) e os Yanomami de Roraima e Amazonas, conseguiram chegar ao século XX sem o choque de mudanças forçadas e bruscas.



Na Amazônia, as espécies de pescado de maior importância comercial são representadas pelos migradores, como o tambaqui (*Colossoma macropomum*), um peixe frugívoro, que pode atingir mais de um metro de comprimento e cerca de 30 kg, o jaraqui (*Semaprochilodus insignis*, *S. taeniatus*) e o curimatã (*Prochilodus nigricans*), peixes iliófagos (20-60 cm) que se alimentam do limbo e de organismos que habitam o fundo lodoso dos rios e lagos. Outros peixes de grande valor comercial, porém menos abundantes, são o pirarucu (*Arapaima gigas*), carnívoro que habita os lagos de várzea e chega a atingir até 2 m de comprimento e pesar mais de 100 kg, os grandes bagres como o surubim (*Pseudoplatystoma fasciatum*), o caparari (*P. tigrinum*), a pirarara (*Prac-*

tocephalus hemiliopterus), a piraíba (*Brachyplatystoma filamentosum*), todos predadores.

Os principais aparelhos de pesca empregados são a rede de espera ou malhadeira, a arrastadeira ou arrastão de praia, a rede de cerco ou redinha. Até o fim da década de 70 esses equipamentos eram responsáveis por mais de 90% das capturas. Os centros de desembarque são as capitais dos estados e algumas cidades maiores da região, como Santarém, Tacoatiara etc.

Atualmente, devido ao acirramento dos conflitos entre as populações ribeirinhas que habitam os lagos de várzea e os pescadores profissionais que ali pescam, com o risco de provocar séria alteração nos estoques locais, durante a maior parte do ano as pescarias comerciais estão se processando principalmente no leito dos rios.

A pesca é a principal fonte de proteína na região. Na década de 70, o consumo médio de pescado *per capita* das populações ribeirinhas de Itacoatiara foi altíssimo, atingindo 194 g/dia. Por isso, não há subnutrição protéica. As deficiências são de vitaminas, principalmente A e C, e do complexo B, devido à alimentação baseada apenas em peixes e farinha, com baixo consumo de frutas e verduras. Estima-se que, somente na cidade de Manaus, cerca de quatro mil famílias dependem diretamente da pesca como fonte exclusiva de renda.

A PESCA NO NORDESTE

A região semi-árida do Brasil, conhecida como Polígono das Secas, compreende uma área de 936.993 km², equivalente a 11,5% do território nacional. Em 1909, o Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) começou um programa de construção de açudes para armazenar água para irrigação e consumo humano e de animais durante as secas. Em 1933, num trabalho patriótico, pioneiro e, até os dias de hoje, de grande relevância social, o DNOCS deu início a um programa complementar, estocando esses açudes com peixes para aliviar a crônica deficiência em proteína na dieta das populações humanas da região. Essa estocagem baseou-se principalmente na introdução de espécies exóticas, porque a fauna da região, relativamente pobre, compreende menos de 100 espécies que, em sua maioria, habitam rios intermitentes. Até hoje foram introduzidas 39 espécies de peixes e três de crustáceos, de outras bacias brasileiras, da África e da Ásia.

Assim as pescarias nordestinas se dão basicamente nos açudes e em alguns rios maiores da Baixada Maranhense (Mearim e Grajaú), rio Paranaíba e em rios periódicos como o Jaguaribe.

Estima-se que os açudes da região ocupem atualmente 4.500 km². A pesca comercial, neles desenvolvida é artesanal de pequena escala, com uso de barcos a remo ou motor, redes de espera, linha e anzol. Grande parte do pescado é comercializada *in natura*.

Os dados de 1977 a 1986, coletados nos 17 maiores açudes nordestinos (área > mil hectares), mostram que o pescado mais capturado durante esse período foi a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), espécie exótica de origem africana, seguido pela pescada-do-Piauí (*Plagioscion squamosissimus*), pelo camarão canela (*Machrobrachium amazonicum*), e pelo tucunaré comum (*Cichla monocolum*), provenientes da Amazônia, estocados anualmente pelo DNOCS, sobretudo as espécies migratórias que não conseguem se reproduzir naturalmente nos açudes, como a curimatã comum (*Prochilodus cearensis*). A produtividade desses açudes é alta, variando em média de 18 a 667 kg/ha/ano. Para as populações nordestinas, a pesca tem importância fundamental e, em muitas regiões, representa a única fonte de proteína e de trabalho.

A PESCA RIO NO SÃO FRANCISCO

A fauna da bacia do rio São Francisco (2.780 km de comprimento, drenando uma área de 611 mil km²) tem 139 espécies descritas, distribuídas em 88 gêneros e 13 famílias. Em geral, estudam-se pouco as pescarias de rio. As mais estudadas são as desenvolvidas no reservatório de Sobradinho, o maior do Brasil (4.300 km²) de área inundada e o segundo da América do Sul.

Antes da construção do reservatório, a captura total do rio São Francisco foi estimada em 2.500 t/ano, principalmente com as pescarias de subsistência. Em 1980, logo após o fechamento da barragem, foram capturadas 24 mil toneladas (55,8 kg/ha) em Sobradinho. Os peixes são capturados com redes de espera, o principal aparelho de captura em Sobradinho, anzol e arpão, usando canoas a motor.

Infelizmente só há informações regulares sobre a pesca no reservatório de 1979 a 1986, quando o sistema de coleta de desembarque foi interrompido. As maiores capturas (80%) se deram na área de transição, entre o ambiente lótico (de águas correntes) e lêntico (de águas calmas). Essa região é sempre a mais piscosa num reservatório, pois é nela que se dá a deposição dos nutrientes transportados. As principais espécies capturadas em Sobradinho durante esse período foram o curimatã, pacu (*Prochilodus marginatus*) e o surubim, perfazendo 73% das capturas entre 1982 a 1985. Isso

mostra a importância dos biótopos a montante da barragem onde essas espécies ainda conseguem se reproduzir. Assim quanto maior for o trecho lótico a montante da barragem, menor seu impacto.

A PESCA NA BACIA DO LESTE

Em 1994, a ictiofauna da bacia do Leste – da boca do rio São Francisco até o extremo sul do estado de Santa Catarina – foi revista pelo biólogo Carlos Bizerril, da Universidade do Rio de Janeiro (UNIRIO), que listou 285 espécies, distribuídas em 96 gêneros, 22 famílias e cinco ordens, das quais 95% são endêmicas. As razões para tão alta taxa de endemismo podem ser buscadas na geologia e na biogeografia. A bacia do Leste, em sua maioria, é constituída de rios curtos que drenam diretamente para o oceano Atlântico. Exceções importantes são os rios Jequitinhonha, Doce e Paraíba do Sul.

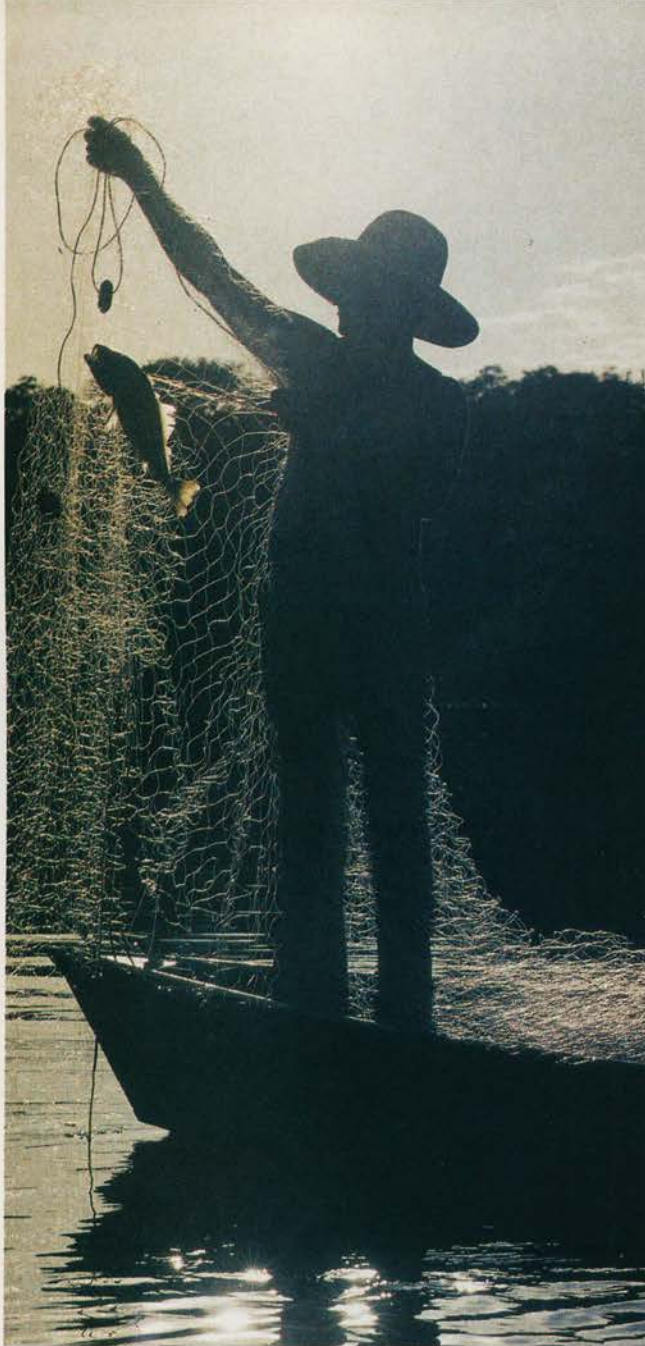
Nessa estreita faixa de até 80 km, encontram-se as maiores concentrações urbanas do país, que causam grande impacto sobre essa importante ictiofauna, caracterizada por peixes de pequeno porte. Dentre eles os de maior diversidade são os siluriformes (peixe de couro), que englobam 49% das espécies.

Hoje, a pescaria nessa bacia parece ter importância apenas localizada nos pontos de menor poluição, pois a maioria de seus rios estão muito atingidos pela industrialização e ocupação desordenada do solo.

A PESCA NA BACIA DO PARANÁ

A bacia do Paraná contém cerca de 600 espécies de peixes, distribuídas em 36 famílias e cerca de 130 gêneros. Uma das principais bacias hidrográficas da América do Sul, essa bacia – que tem 4.695 km, e 2.800 mil km² de área de drenagem – foi a que sofreu represamento mais intensivo, para a geração de energia elétrica.

No final deste século espera-se que haja 69 represas hidrelétricas na bacia, com área maior que 200 ha, somente na porção brasileira. Os 45 reservatórios existentes transformaram o grande rio e seus principais afluentes numa sucessão de lagos. Somente 483 km dos 809 km originais do rio ainda são água corrente. A construção do reservatório de Porto Primavera irá diminuir esse fluxo para menos de 250 km. Depois, com a construção de Ilha Grande, a última porção lótica do rio desaparecerá, e os últimos 30km ainda em território brasileiro abaixo de Itaipu também irão desaparecer com a construção do reservatório Paraguaio/



Argentino de Corpus. Esses reservatórios, combinados com o aumento da população e suas conseqüências para o meio ambiente, contribuíram para a redução das capturas e para o desaparecimento localizado dos grandes migradores, principalmente na porção superior do rio Paraná. Mesmo aqueles trechos lóticos tiveram sua produtividade diminuída, em função do intenso assoreamento dos poços mais profundos provocado pela erosão da bacia, depois do desmatamento e de práticas agrícolas inadequadas.

Pode-se classificar a pesca nessa bacia em três tipos: a pesca no ambiente lótico, a pesca nas represas e a pesca no Pantanal.

A pesca no ambiente lótico se dá na porção de água corrente dos rios, com a captura dos grandes migradores como o pintado, pacu (*Piractus mesopotamicus*), o dou-

rado, as piaparas (*Leporinus elongatus*, *L. obtusidens*), o corimba (*Prochilodus lineatus*) etc. Esses peixes são capturados principalmente com linha e anzol, com exceção do corimba, e são os preferidos na intensa pesca esportiva da bacia.

A pesca nas represas é baseada em espécies de menor porte representado pela sardela, curvina (*Plagioscion squamosissimus*), lambaris (*Astyanax* spp) e várias espécies de cascudos. As pescarias profissionais se processam principalmente com redes de espera. Em alguns reservatórios, principalmente do rio Tietê, a pirambema ou falsa piranha (*Serrasalmus spilopleura*) pode atrapalhar as pescarias profissionais ao danificar as redes e os peixes emalhados. A pesca mais importante se dá no reservatório de Itaipu, que tem área de 1.350 km², com desembarque estimado em cerca de 1.500 t/ano.

O reservatório de Itaipu é o melhor estudado na América do Sul, por conta do grupo do Núcleo de Pesquisas em Limnologia e Aqüicultura (Nupelia), da Universidade Estadual de Maringá, em convênio com a Itaipu Binacional, através de seu Departamento de Meio Ambiente. Essa parceria exemplar, permite que o reservatório seja estudado sem interrupção do sistema de coleta de dados de desembarque desde 1987. No período 1987-93, as principais espécies capturadas em Itaipu foram a sardela, a curvina, o corimba e o armado (*Pterodoras granulosus*), perfazendo 76% das capturas. A produtividade média do reservatório é baixa: 11,1 kg/ha/ano.

Em 1994, no Simpósio sobre Manejo de Embalses em America Latina, realizado em Havana, Cuba, Angelo Antonio Agostinho, biólogo pescueiro do Nupelia, e colaboradores apresentaram um trabalho detalhado sobre os aspectos sociais e econômicos de uma pescaria artesanal de água doce, baseado num estudo de caso para a pesca profissional em Itaipu. O trabalho mostra que 69% dos pescadores não completaram o curso primário e que cerca de 11% são analfabetos. O número médio de dependentes/pescador foi estimado em 3,1, com precário acesso a serviços públicos de educação e saúde. O lucro médio calculado foi de apenas US\$25/mês por pescador, mostrando que a atividade é apenas de subsistência e que os pescadores, provavelmente, saíram perdendo com a construção da represa pela diminuição dos estoques dos grandes peixes migradores, de maior valor comercial.

A PESCA NO PANTANAL

O Pantanal é uma área úmida constituída de extensa planície aluvial, com altitude abaixo de 200 m. Sua área é de 140 mil km², e fica nos estados de Mato Grosso e Mato Grosso

do Sul. Drenada por 132 rios, está sujeita a períodos de seca (maio a setembro) e de enchentes (outubro a março).

Como ocorre em todas as áreas úmidas, esses períodos de seca e enchente é que controlam as estratégias de reprodução dos peixes. Assim há dois ciclos de migrações no Pantanal: 1) a 'lufada', que designa migrações laterais de peixes vindos dos lagos em direção ao rio principal, no fim da seca. Durante curto período eles se concentram em grandes cardumes na boca dos lagos e são muito vulneráveis à captura; 2) a 'piracema', que designa forte migração de cardumes rio acima, ocorrendo no rio Cuiabá em outubro-novembro.

As pescarias profissional e esportiva são tradicionais no Pantanal. Os principais aparelhos empregados são a rede de espera, o arrasto, o espinhel e a tarrafa. Há restrições para o emprego da rede de emalhar durante a desova. No Mato Grosso do Sul ela é totalmente proibida. Nesse estado, há um grande conflito entre a pesca esportiva e profissional. Os pescadores profissionais, um grupo socialmente mais frágil e sem lobby junto aos órgãos do governo, são os mais prejudicados e, por influência dos meios de comunicação, costumam ser vistos como depredadores da natureza e responsáveis por tudo de errado que ocorre na pesca no estado.

promovido reuniões periódicas com representantes de pescadores e da comunidade científica para estabelecer essas diretrizes, e o Ministério do Meio Ambiente está elaborando um Plano Nacional da Pesca e da Aquicultura que servirá como base para o manejo.

O Brasil recentemente se tornou membro da Comissão para a Pesca Continental na América Latina (Copescal), um órgão da FAO que, a cada dois anos, se reúne para discutir e aconselhar o gerenciamento da pesca e da aquicultura de água doce no continente.

As principais ameaças à atividade pesqueira no Brasil são: o garimpo aluvionar do ouro na Amazônia e no Pantanal, que além de provocar a erosão dos rios está provocando a entrada de mercúrio na cadeia alimentar contaminando os peixes carnívoros (ver 'O mercúrio e a contaminação de reservatórios no Brasil', neste número); o desmatamento da margem dos rios; a poluição por esgotos domésticos e industriais e pelo uso inadequado de pesticidas na agricultura; a construção de represas, aterros e drenagem da várzea dos rios, entre outras.

Para resolver esses conflitos é preciso conjugar esforços do governo e da sociedade, a fim de que a cultura do pescador, acumulada pelo trabalho de gerações não se perca e se preserve esse conhecimento inestimável sobre a ecologia dos peixes, tão importante para as pesquisas pesqueiras em nosso país.

AMEAÇAS À ATIVIDADE PESQUEIRA NO BRASIL

O estoque pesqueiro é um recurso natural renovável, mas para isso é necessário que sejam adotadas medidas realistas para manejá-lo. O Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), em Brasília, tem

Sugestões para leitura:

BITTENCOURT M. M. e COX-FERNANDES C. "Peixes migradores sustentam pesca comercial". *Ciência Hoje*, nº 64, junho/julho de 1990, pp. 20-25.

PAIVA M. P. *As grandes represas do Brasil*. Brasília, Editerra, 1982.

PAIVA M. P. *Peixes e pescas de águas interiores do Brasil*, Brasília, Editerra, 1983.



- **Ciência Hoje Hipertexto**
- **Ciência Hoje das Crianças Eletrônica**

Um mundo de ciência na tela de seu computador

O Mercúrio e a contaminação de reservatórios no Brasil

Luiz Drude de Lacerda

*Departamento de Geoquímica,
Universidade Federal Fluminense.*

Carlos Frederico de Meneses

Departamento de Meio Ambiente – Eletrobrás.

UMA PARTE SIGNIFICATIVA DAS ÁREAS NATURAIS DO PAÍS TEM SIDO ALTERADA POR ATIVIDADES COMO O DESMATEAMENTO, A MINERAÇÃO, A CONSTRUÇÃO DE HIDRELÉTRICAS E DE ESTRADAS, A URBANIZAÇÃO E O DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. VÁRIOS PROGRAMAS DE PESQUISA ENFATIZAM OS IMPACTOS AMBIENTAIS E SO-

CIOECONÔMICOS DESSAS AÇÕES ANTRÓPICAS QUE, ENTRETANTO, QUASE SEMPRE SÃO ANALISADAS DE MODO ISOLADO. SÃO POUCOS OS ESTUDOS QUE ABORDAM OS EFEITOS INTERATIVOS ENTRE DUAS OU MAIS INTERFERÊNCIAS NO MEIO AMBIENTE. COMO OS CENÁRIOS FUTUROS PARA O



RESTANTE DAS ÁREAS NATURAIS DO PAÍS CONSIDERAM UM AUMENTO INEVITÁVEL DA ATIVIDADE ANTRÓPICA, O ENTENDIMENTO DE SUAS INTERAÇÕES TORNA-SE URGENTE, NÃO SÓ PARA DIMINUIR O CUSTO AMBIENTAL DESSAS ATIVIDADES, COMO TAMBÉM PARA EVITAR QUE SE PERCAM OS BENEFÍCIOS

SOCIAIS E ECONÔMICOS QUE DELAS SE ESPERAM. UM EXEMPLO TÍPICO DE SINERGISMO ENTRE DUAS ATIVIDADES ANTRÓPICAS NÃO-RELACIONADAS É A CONTAMINAÇÃO DE RESERVATÓRIOS HIDRELÉTRICOS PELO MERCÚRIO ORIUNDO DOS GARIMPOS DE OURO.

Em termos de impacto ambiental, uma determinada atividade antrópica pode ter um efeito multiplicador sobre outra que, em última análise, não seja a geradora de tal impacto. Esse talvez seja o aspecto mais importante dessas interações, que podem potencializar os efeitos sobre o meio ambiente e mesmo inviabilizar a utilização dos produtos obtidos, além de dificultar ações jurídicas de controle e a aplicação de penalidades.

Um reservatório hidrelétrico é um exemplo típico de interação entre atividades antrópicas. Em função das diferentes atividades que ocorrem em sua bacia e a montante, o reservatório responde de forma ampliada às alterações na quantidade e qualidade de águas e nos materiais que recebe.

Ao receber contaminantes ambientais gerados por atividades a montante, ele poderá atuar como concentrador de determinadas substâncias. Dependendo do tipo de contaminante, um reservatório poderá imobilizá-lo e seqüestrá-lo do meio, diminuindo, conseqüentemente, o seu impacto; ou poderá funcionar como um 'reator' biogeoquímico, aumentando a atividade tóxica do contaminante. Nesse caso, os efeitos adversos serão significativos tanto em relação aos múltiplos usos e produtos do próprio reservatório quanto da rede de drenagem a jusante.

Um exemplo dessa situação pode ser dado pelos reservatórios hidrelétricos da região amazônica, que recebem, direta ou indiretamente, mercúrio oriundo da mineração de ouro. O resultado é uma concentração bastante elevada de mercúrio na biota desses reservatórios recém-formados, ameaçando a comercialização e consumo do pescado produzido pelo reservatório.

A base hidrelétrica do desenvolvimento brasileiro, em particular da região amazônica, e a crescente atividade mineral, potencialmente geradora de mercúrio para o meio ambiente, tornam os problemas de sinergismo entre os efeitos dessas atividades sobre o meio ambiente uma realidade que requer um monitoramento específico, capaz de sustar efeitos deletérios sobre os benefícios proporcionados pela formação de reservatórios.

O MERCÚRIO COMO CONTAMINANTE AMBIENTAL

Entre os diversos metais potencialmente danosos ao ambiente, o mercúrio destaca-se por suas características químicas ímpares. O mercúrio pode existir no ambiente sob inúmeras formas químicas que controlam seu comportamento no meio ambiente. A conversão entre as diferentes formas do mercúrio torna sua distribuição ambiental bastante complexa.

Por formar fortes ligações covalentes, particularmente com radicais contendo enxofre de proteínas (SH^-), seu comportamento em sistemas biológicos também se distingue da maioria dos demais metais pesados, apresentando rápidas taxas de acumulação e taxas de excreção pelo organismo extremamente baixas. Essas propriedades resultam em um processo de acumulação contínuo, podendo atingir níveis altamente tóxicos em pouco tempo. O mercúrio, em particular suas formas metiladas, acumula-se preferencialmente no fígado e pâncreas e em células nervosas, atuando sobre o funcionamento do sistema nervoso central.

Em função das propriedades biogeoquímicas do mercúrio e de seus complexos orgânicos, como o metil-Hg, ocorre uma larga dispersão e uma alta exposição ambiental. Assim, mesmo pequenas perturbações em passos-chave de seu ciclo biogeoquímico – como por exemplo na taxa de deposição atmosférica, na acumulação por peixes ou nas taxas de lixiviação dos solos – poderão resultar em aumentos significativos na incorporação do mercúrio em organismos de nível trófico elevado, particularmente em peixes carnívoros e nas populações humanas que deles se alimentam.

A principal via de acesso do mercúrio ao organismo humano é a ingestão de peixes. O mercúrio é ligado a um radical metila através do metabolismo de bactérias, e a forma metilada (mono-metil-mercúrio) acumula-se ao longo da cadeia alimentar. Essa forma metilada é solúvel em lipídios, difundindo-se facilmente através de interfaces biológicas, como sangue, placenta, e também em interfaces nervosas, com incorporação muito rápida. Por outro lado, a forte ligação do mercúrio com grupos SH^- de proteínas reduz sua velocidade de excreção. O balanço líquido entre taxas de incorporação elevadas e taxas de excreção muito baixas leva à acumulação progressiva do mercúrio no organismo. Tais fatos sugerem que a exposição ao mercúrio pode ser potencialmente muito danosa, difícil de detectar e de efeito retardado.

USOS DO MERCÚRIO NO BRASIL

O mercúrio foi utilizado pela primeira vez no Brasil – e portanto lançado no meio ambiente por fonte antropogênica – a partir de 1850, na exploração de ouro, após a exaustão dos ricos depósitos explorados gravimetricamente desde o século XVI, que produziram algo em torno de 800 t de ouro. Entretanto, a produção de ouro de 1800 até a década de 1960 foi muito pequena, estando sempre abaixo de cinco toneladas anuais. Dessa forma, a emissão total de mercúrio por essa atividade não deve ter somado mais que 500 t (± 2 a 5 t./ano⁻¹) ao longo desses quase 200 anos de mineração de ouro.



A partir da década de 50, com o acelerado processo industrial brasileiro e com o advento da agroindústria, o mercúrio teve seu uso bastante ampliado no país, atingindo, na década de 70, uma média de utilização de cerca de 100 t anuais até 1984. A partir daí o consumo de mercúrio no Brasil praticamente dobrou em função da grande demanda da atividade garimpeira de ouro, particularmente nos estados do Pará, Rondônia e Mato Grosso.

Se observarmos a evolução dos usos de mercúrio no Brasil, com base nas declarações de uso das importações do metal, constata-se que, até o final da década de 70, o mercúrio era usado principalmente na produção de cloro, atividade responsável pela importação de cerca de 100 t anuais. Nos últimos 10 anos, porém, esse uso decresceu significativamente, caindo de uma participação de até 50% do total do mercúrio importado em 1979 para menos de 5% do total, em 1989, como resultado direto da substituição da tecnologia da produção de cloreto.

Entretanto, de 1979 a 1989, a importação total aumentou 1,9 vezes e a quantidade importada para fins não especificados e revenda aumentou até 3,3 vezes. Assim, a quantidade de mercúrio importado sem finalidade específica de uso chegou, em 1989, a 300 t/ano e foi, provavelmente, comercializada no garimpo de ouro.

Durante esse mesmo período, a produção de ouro no garimpo passou de cerca de seis toneladas anuais para mais de 100 t/ano em 1989. No pico dessa atividade, cerca de 1 milhão de pessoas trabalhavam nas áreas de garimpo utilizando como técnica básica a amalgamação por mercúrio. Esses dados revelam que o uso de mercúrio na mineração de ouro foi duas vezes maior que na indústria e sugerem algumas situações críticas em relação à eventual contaminação por mercúrio em áreas garimpeiras.

A CONTAMINAÇÃO POR GARIMPOS DE OURO

Os garimpos de ouro na Amazônia empregam diretamente entre 400 mil e 600 mil pessoas e, indiretamente, cerca de

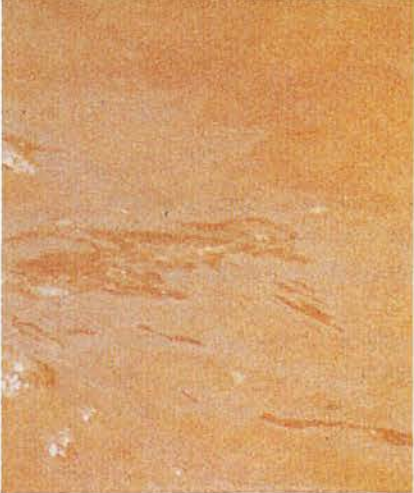
cinco vezes mais. São produzidos na região de 50 a 100 t de ouro anualmente. O ouro ocorre como partículas finas em solos, terraços sedimentares e sedimentos ativos de rios. Para extraí-lo, os garimpeiros usam várias técnicas de pré-concentração gravimétrica e amalgamação com mercúrio. O amálgama é então queimado e o mercúrio, emitido para a atmosfera, torna-se a principal fonte de contaminação do ambiente. Durante o processo, uma quantidade significativa de mercúrio também perde-se nos rios. Assim cerca de 100 a 300 t de mercúrio são lançadas por ano no meio ambiente.

O impacto causado pelo mercúrio deve levar em conta sua forma química. O mercúrio metálico, por exemplo, não é muito tóxico, sendo pouco absorvido por organismos. O metil-mercúrio (metil-Hg), por outro lado, é altamente tóxico, acumulando-se rapidamente nos organismos. O mercúrio inorgânico é transformado em metil-Hg por bactérias, sobretudo em áreas aquáticas ricas em matéria orgânica, levemente ácidas e com elevada atividade bacteriana. Uma vez formado, o metil-Hg é altamente solúvel e estável na água. Apresenta um longo tempo de residência em organismos, com altos fatores de bioacumulação na biota aquática, atingindo níveis muito elevados, em particular nos peixes carnívoros.

A partir da década de 80, com o reconhecimento dos danos causados pelo mercúrio, diversos trabalhos foram realizados visando levantar a situação de contaminação na região do garimpo. Em certas áreas, os níveis de mercúrio atingem valores até três vezes maiores do que os obtidos em áreas não contaminadas. Algumas pesquisas mostraram que sedimentos contaminados em suspensão são transportados a centenas e até milhares de quilômetros a jusante da fonte contaminada, podendo atingir ambientes não ligados diretamente à atividade garimpeira, fenômeno demonstrado por exemplo, nos rios Madeira e Tapajós.

Além da contaminação de sedimentos, grande parte da fauna de peixes dos rios amazônicos, onde ocorrem atividades de garimpo, apresenta níveis muito elevados de mercúrio, em particular nas espécies carnívoras, contaminando igualmente as populações humanas que se alimentam do pescado.

Nos últimos dois anos, diversos fatores – queda nos preços internacionais do ouro, aumento no custo de exploração e a



própria exaustão das reservas em tradicionais áreas de garimpo – levaram a uma diminuição dessa atividade, reduzindo conseqüentemente a emissão de mercúrio. Entretanto novas frentes de garimpo têm sido abertas e cerca de três mil toneladas foram lançadas na região

amazônica nas últimas duas décadas. Essa grande quantidade de mercúrio presente no ambiente amazônico leva a crer que o problema da contaminação terá grande importância na próxima década, afetando cada vez mais áreas distantes das fontes do garimpo.

COMPORTAMENTO DO MERCÚRIO EM RESERVATÓRIOS ARTIFICIAIS

Em geral, os reservatórios são construídos com o alagamento de grandes áreas de vegetação natural. A decomposição bacteriana da matéria orgânica da biomassa alagada acarreta um maior consumo de oxigênio e grandes quantidades de nutrientes – em particular de compostos de nitrogênio – são também liberadas. Os reservatórios artificiais criam, portanto, situações hidrológicas e hidroquímicas completamente diferentes daquelas de suas bacias, resultado da mudança de um sistema fluvial para lagos grandes, geralmente rasos e quase estagnados.

Como foi visto, o ambiente mais favorável para a conversão de mercúrio inorgânico em metil-Hg são as áreas alagadas, típicas de reservatórios hidrelétricos. Uma vez formado, o metil-Hg acumula-se na biota aquática, atingindo os peixes que são de grande importância na alimentação da população ribeirinha e fonte de recursos pela exportação.

Esse fenômeno tem ocorrido em reservatórios recém-formados, localizados em regiões separadas espacialmente, sob condições ambientais diversas e mesmo em áreas onde as concentrações de mercúrio são muito baixas. É provável que esse fenômeno seja um efeito geral típico da criação de reservatórios artificiais e deverá acontecer nos reservatórios brasileiros independentemente de sua localização. O aumento das concentrações de mercúrio em reservatórios recém-formados é atribuído às elevadas taxas de metilação microbiológica do mercúrio, possível pelas condições biogeoquímicas das áreas inundadas. De um modo geral, o grau de contaminação de peixes em reservatórios artificiais é proporcional à superfície inundada.

Entre os principais fatores responsáveis pelo aumento da concentração de mercúrio em peixes de reservatórios incluem-se: 1) presença de um farto suprimento para a atividade microbiana, constituído pela biomassa inundada; 2) condições anaeróbicas resultantes da própria oxidação microbiológica da matéria orgânica; 3) baixa diversidade biológica, que proporciona a transferência de metil-Hg para os níveis tróficos superiores da cadeia alimentar; 4) fluxo contínuo e abundante de mercúrio inorgânico, particularmente em sua forma oxidada (Hg^{2+}).

MERCÚRIO NOS RESERVATÓRIOS

Tanto nos processos industriais como na extração de ouro, o mercúrio é perdido para a atmosfera sob forma de vapor (Hg^0) ou associado a aerossóis. O transporte atmosférico é responsável pela contaminação de ecossistemas de áreas bastante remotas do planeta.

Na atmosfera, uma parte se transforma em partículas e deposita-se em áreas próximas à fonte emissora. Uma parte importante, entretanto, é oxidada a Hg^{2+} em reações mediadas por ozônio, radiação solar e vapor d'água. O Hg^{2+} e o mercúrio associado às partículas são removidos da atmosfera pela chuva e depositados sobre ambientes aquáticos e terrestres, onde o mercúrio poderá sofrer outras reações, inclusive metilação e incorporação pela biota. Esse mecanismo irá promover uma dispersão de longa distância do mercúrio, podendo atingir áreas bastante afastadas da fonte de emissão.

O mercúrio perdido para os rios sob forma de Hg-metálico acumula-se preferencialmente nos sedimentos de fundo e, em geral, apresenta pequena mobilidade. Isso sugere que, no transporte a longa distância, haja uma associação entre o Hg e o material particulado em suspensão. As dragagens e a ressuspensão de sedimentos facilitam esse processo, uma vez que as partículas em suspensão podem transportar uma carga significativa de mercúrio. Várias pesquisas têm demonstrado ser essa a principal via de transporte de metais pesados nos rios tropicais.

Estudo realizado no rio Paraíba do Sul – onde o mercúrio é oriundo tanto de fontes industriais, como agrícolas e de garimpos de ouro – mostrou que partículas enriquecidas em mercúrio levam esse metal até várias milhas da costa, depositando-o em sedimentos profundos da plataforma continental.

A análise de rejeitos de garimpo mostra que o mercúrio associado a partículas em suspensão é transportado após a erosão dos rejeitos pela chuva. A concentração de mercúrio no material particulado aumenta de 20 para $610 \mu\text{g.kg}^{-1}$ durante as chuvas e, da mesma forma que os rejeitos industriais indevidamente armazenados, essas partículas transportam o

mercúrio para longas distâncias.

Uma vez atingindo reservatórios artificiais, as partículas em suspensão depositam-se nesses ambientes, em função do longo tempo de residência da água e da quase inexistência de correntes. Durante a sedimentação, as partículas estarão submetidas a uma hidroquímica completamente diferente daquela dos rios afluentes e são esperadas alterações nas espécies químicas do mercúrio e reações com materiais autóctones do reservatório.

Portanto, podem ser estabelecidas pelo menos duas entradas principais de mercúrio nos reservatórios artificiais: a

entrada atmosférica – que dependendo da localização do reservatório pode ser sua principal fonte – e a entrada fluvial – onde o mercúrio está associado a partículas em suspensão (figura 1).

Partículas enriquecidas com mercúrio trazidas ao reservatório tendem a se concentrar nas áreas próximas à foz dos rios afluentes, geralmente rasas e dominadas por macrófitas aquáticas, apresentando elevada biomassa de peixes durante o ano todo. Essas áreas caracterizam-se por uma intensa atividade bacteriana, em função do fluxo permanente de matéria orgânica oxidável das macrófitas, das temperaturas

elevadas e da relativa acidez proveniente dos ácidos orgânicos liberados pelas próprias macrófitas. Assim, espera-se que nessas áreas a transformação do mercúrio em metil-Hg seja rápida. Uma vez formado, este será logo incorporado à biomassa de peixes, como mostra a figura 1.

Os reservatórios artificiais podem, portanto, estar atuando como vasos reatores para o mercúrio, recebendo esse contaminante em sua forma inorgânica solúvel ou particulada e ciclando-o através de várias reações que podem gerar metil-Hg, ainda que parte significativa do mercúrio afluente possa ser enterrada nos sedimentos como sulfetos.

O metil-Hg formado em reservatórios pode ser tanto incorporado na biomassa de peixes quanto levado em solução a jusante da barragem. No primeiro caso, o mercúrio afetará seriamente o uso do reservatório para fins de piscicultura; no segundo, poderá contaminar áreas distantes da fonte original ou afetar negativamente a agricultura que utiliza as águas do reservatório para irrigação.

Em qualquer das hipóteses, interações entre o mercúrio gerado por atividades antrópicas e as condições existentes nos reservatórios podem prejudicar o valor de uso das águas desses locais. Assim, torna-se urgente pesquisar as diversas vias hipotéticas do ciclo do mercúrio em reservatórios, uma vez que quantidades significativas desse metal têm sido lançadas no ambiente.

Como crescente desenvolvimento industrial do país, muito provavelmente,

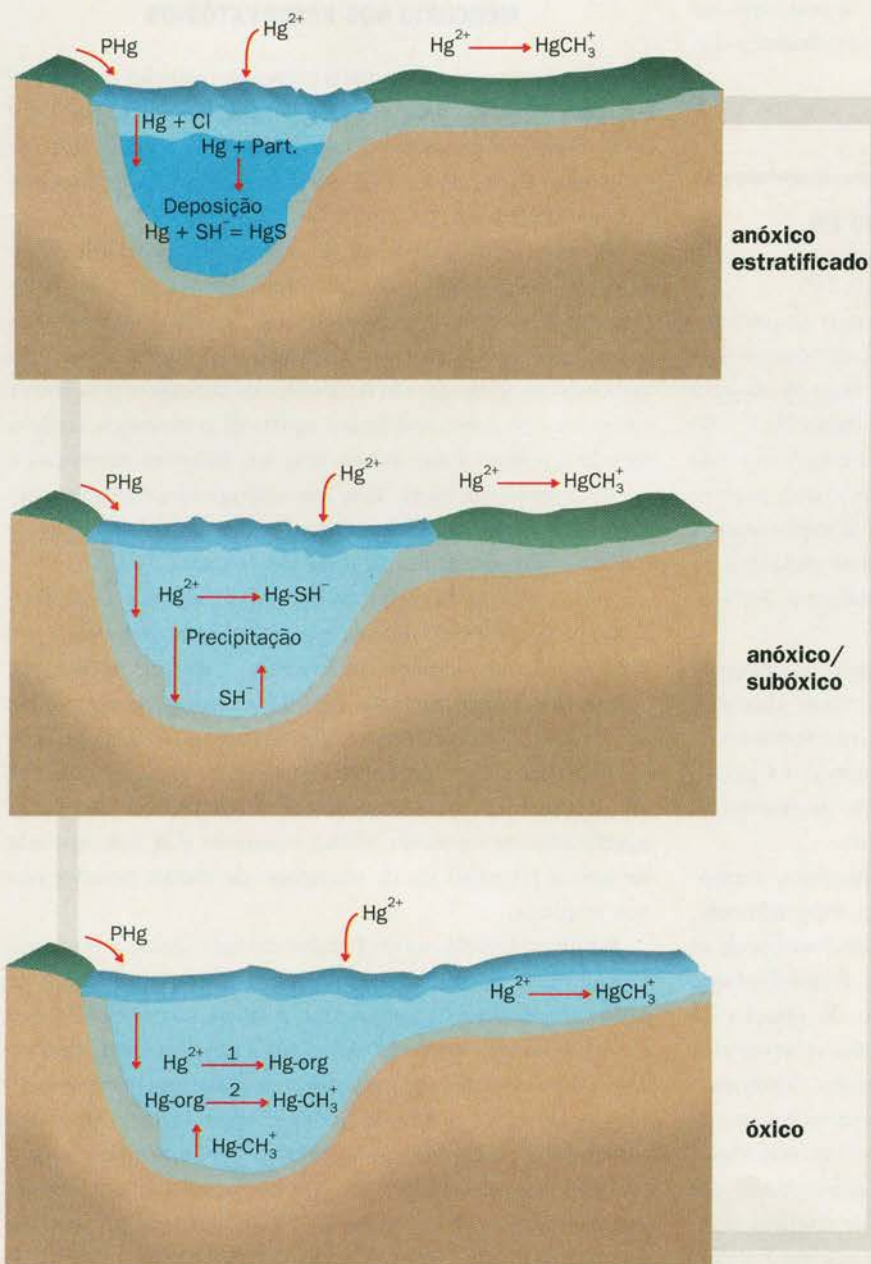


Figura 1. Ciclo hipotético do mercúrio em reservatórios artificiais.

continuará baseado na energia hidrelétrica novos reservatórios deverão ser construídos em futuro próximo e a situação tenderá a se agravar.

EFEITOS DAS INTERAÇÕES EM RESERVATÓRIOS

Estudo pioneiro realizado recentemente, sobre a interação entre o lançamento de mercúrio pela atividade garimpeira e a criação de reservatórios na Amazônia, confirma que os reservatórios hidrelétricos da região atuam como reatores biogeoquímicos que potencializam os efeitos tóxicos do mercúrio.

Pesquisadores da Universidade de Helsinque (Finlândia) em convênio com técnicos da Eletronorte, avaliaram a distribuição de mercúrio nos diferentes compartimentos do reservatório de Tucuruí e a quantidade total estocada (figura 2). Os resultados mostram que o maior estoque do metal presente no reservatório encontra-se na superfície do sedimento de fundo e na camada superficial do solo inundado. As condições geoquímicas desses compartimentos permitem altas taxas de metilação.

Resultados semelhantes foram obtidos em várias áreas da Amazônia, pelo grupo do Laboratório de Radioisótopos, do Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho IBCCF da UFRJ, que apontaram elevadas taxas de metilação no Reservatório de Samuel e em lagos marginais de grandes rios.

Nos peixes carnívoros de Tucuruí, encontram-se as maiores concentrações de mercúrio já relatadas na Amazônia – mesmo em áreas com atividades de garimpo – e chegam a atingir níveis até cinco vezes superiores às concentrações máximas permitidas pela legislação brasileira para peixes destinados ao consumo humano. Como até 95% do mercúrio presente nos peixes é constituído de metil-Hg, e a concentração dessa espécie química do mercúrio é desprezível na água que entra no reservatório, as elevadas concentrações encontradas nos peixes indicam altas taxas de metilação formada no próprio reservatório.

Outra evidência significativa do nível elevado de metilação presente em Tucuruí são as concentrações extremamen-

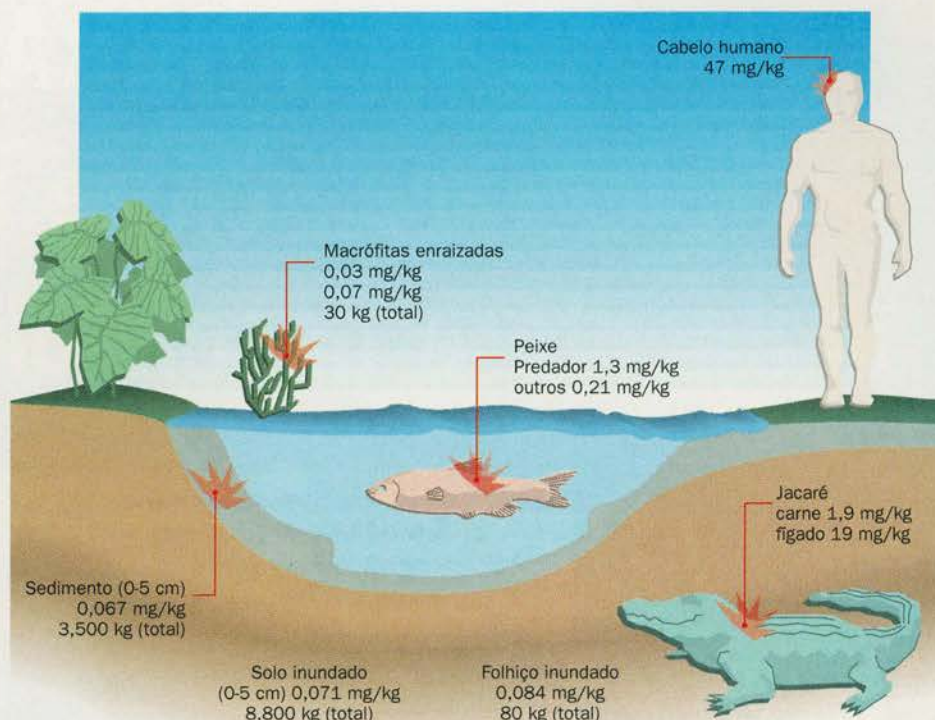


Figura 2. Concentração e massa de mercúrio (Hg) acumulada no reservatório de Tucuruí.

te altas de mercúrio na carne e, principalmente, no fígado de jacarés. Essas taxas indicam que os jacarés ingerem metil-Hg através dos peixes com que se alimentam.

As concentrações de mercúrio medidas em cabelos humanos de populações de pescadores locais mostram um dos aspectos mais graves da contaminação pelo mercúrio oriundo dos garimpos de ouro na Amazônia. O que significa que as populações humanas mais ameaçadas não estão diretamente relacionadas aos garimpos de ouro e muito menos recebem quaisquer benefícios advindos desse tipo de mineração.

Sugestões de leitura:

- AULA, I.; BRAUNSWELLER, H.; LEINO, T.; MALIN, I.; PORVARI, P.; HATANAKA, T.; LODENIUS, M. & JURAS, A. "Levels of mercury in the Tucuruí reservoir and its surrounding area in Pará, Brazil". In: Watras, C.J. & Huckabee, J.W. (eds.) *Mercury Pollution: Integration and Synthesis*. Boca Raton, Lewis Publ., 1994. p:21-40.
- LACERDA, L.D. & SALOMONS, W. 1992. *Mercúrio na Amazônia: Uma Bomba Relógio Química?*. CETEM/CNPq, Rio de Janeiro, 72p.
- MALM, O. ; PFEIFFER, W.C.; SOUZA, C.M.M.; REUTHER, R. 1990. "Mercury pollution from gold mining in the Madeira River basin". *Ambio* 19: 11-15

BACIAS HIDROGRÁFICAS

Integração entre meio ambiente e desenvolvimento

José Salatiel Rodrigues Pires

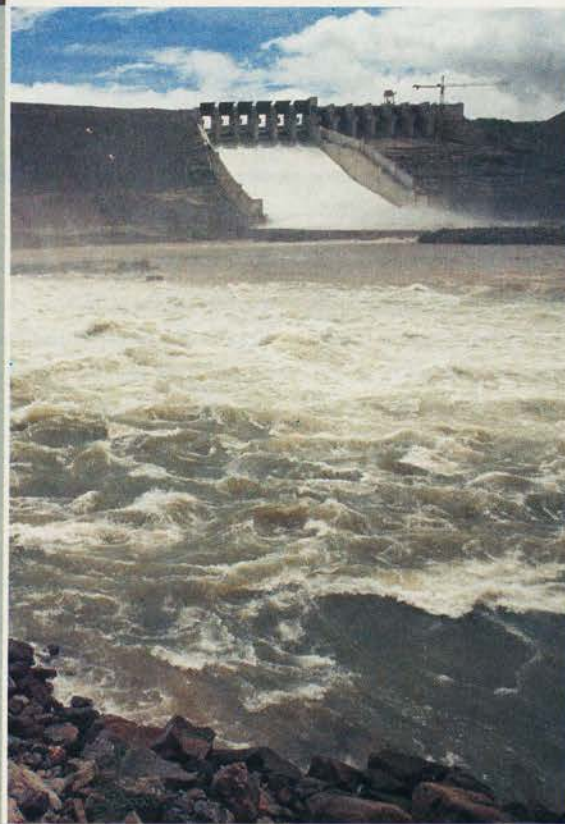
José Eduardo dos Santos

*Departamento de Hidrobiologia,
Universidade Federal de São Carlos.*

A AUSÊNCIA DE MEDIDAS CONSERVACIONISTAS E O USO INADEQUADO DOS RECURSOS HÍDRICOS SÃO APENAS UM DOS ASPECTOS DA UTILIZAÇÃO IRRACIONAL E PREDATÓRIA DE TODOS OS RECURSOS NATURAIS. DO PONTO DE VISTA ECOLÓGICO, RECOMENDA-SE QUE ELES SEJAM ANALISADOS DE FORMA INTEGRADA. SOMENTE UMA ABORDAGEM HOLÍSTICA, QUE VERIFIQUE CAUSAS E EFEITOS DAS INTERVENÇÕES HUMANAS E INTERPRETE AS CONDIÇÕES AMBIENTAIS

DE TODA A ÁREA ESTUDADA, PERMITIRÁ TRAÇAR DIRETRIZES DE DESENVOLVIMENTO ADEQUADAS AO AMBIENTE FÍSICO E BIOLÓGICO.

AS ABORDAGENS DE PLANEJAMENTO DO USO DO SOLO BASEADAS EM CRITÉRIOS ECONÔMICOS CLÁSSICOS TÊM FALHADO POR NÃO



RECONHECER O CONFLITO ENTRE AS METAS DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E A CAPACIDADE DE SUPORTE DOS ECOSISTEMAS. ESSA FALHA PODE SER VERIFICADA, POR EXEMPLO, NOS ALTOS CUSTOS ENVOLVIDOS NA RECUPERAÇÃO DOS RECURSOS NATURAIS, COMO ÁGUA, SOLO, AR ETC.

ASSIM, O DESAFIO ESTÁ EM TRANSFORMAR A QUESTÃO AMBIENTAL NO EIXO DO PROCESSO DE PLANEJAMENTO. PARA QUE AS ATIVIDADES ECONÔMICAS DESENVOLVI-

MENTISTAS SEJAM DURADOURAS E CONSEQÜENTES, ELAS DEVEM SER DETERMINADAS PELO NÍVEL DE SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL. NESSE TIPO DE PLANEJAMENTO, A INTEGRIDADE DO AMBIENTE DEVE SER O FATOR DETERMINANTE E O NÍVEL DE ATIVIDADE DESENVOLVIMENTISTA PERMITIDA, A VARIÁVEL DEPENDENTE.

A maioria dos problemas ambientais e econômicos de uma região tem sua origem na falta de um planejamento baseado no conhecimento das dinâmicas ambiental e socioeconômica. Com relação aos recursos hídricos, os problemas enfrentados variam, do ponto de vista quantitativo, entre a escassez, que obriga a racionamentos, e a abundância repentina, que gera enchentes não menos catastróficas. Do ponto de vista da qualidade, a degradação crescente dos recursos hídricos, além de destruir os habitats aquáticos e a diversidade, tem comprometido a própria saúde humana.

As medidas de manejo adotadas para a resolução desses problemas têm-se baseado, principalmente, em programas de armazenamento e contenção de cheias, através de construção de barragens e de controle intensivo de efluentes domésticos e industriais. Isso revela maior atenção com os sintomas do que com as causas do problema. As abordagens apoiadas em tecnologia de recuperação e monitoramento ambiental são estabelecidas, quando muito, por pressões administrativas (taxações e impostos) e legislativas, envolvendo o discutido conceito poluidor-pagador.

Em geral, essas abordagens estão apoiadas em planos de desenvolvimento e de utilização de recursos elaborados a partir de análises econômicas convencionais. De efeito paliativo e retardado, a médio e longo prazos, elas tendem a aumentar o problema, cujas soluções demandarão tempo e custos bastante elevados.

INTERAÇÃO ENTRE RECURSOS HÍDRICOS E DEMAIS ECOSISTEMAS

Para enfrentar os problemas que envolvem recursos hídricos, tem sido recomendada a utilização de uma abordagem integrada envolvendo a bacia de drenagem e o conceito de ecossistema. Há muito tempo os hidrólogos já reconhecem as ligações entre as características físicas de uma bacia hidrográfica e a quantidade de água que chega aos corpos hídricos. Do mesmo modo, os limnólogos têm considerado que as características de um corpo d'água refletem as características de sua bacia de drenagem.

As abordagens de planejamento e gerenciamento que utilizam a bacia hidrográfica como unidade de trabalho têm evoluído bastante, pois as características

biogeofísicas dessas bacias apresentam sistemas ecológicos e hidrológicos relativamente coesos. No início, o processo de gerenciamento e planejamento de bacias hidrográficas visava basicamente à solução de problemas relacionados à água, com prioridade para o controle de inundações, para a irrigação, a navegação ou para o abastecimento público e industrial.

Com o aumento da demanda por recursos hídricos, e a partir da maior experiência dos técnicos envolvidos em sua administração, surgiu a necessidade de incorporar aspectos relacionados aos vários usos da água para atender a estruturas de múltiplos usuários que, na maioria das vezes, competem pelo mesmo recurso.

Essa abordagem mais complexa busca solucionar conflitos entre os usuários e dimensionar a qualidade e a quantidade de recursos que cabe a cada um, bem como suas responsabilidades sobre tais recursos. O enfoque principal dessa estratégia, entretanto, continua sendo a água, sem atentar para o uso de outros recursos ambientais da bacia hidrográfica que também influenciam, quantitativa e qualitativamente, o ciclo hidrológico.

A figura 1 apresenta de maneira simples os principais usos do solo e suas possíveis interferências no ciclo hidrológico. Qualquer uso do solo na bacia de drenagem interfere no ciclo, não importando o grau de utilização ou de dependência direta

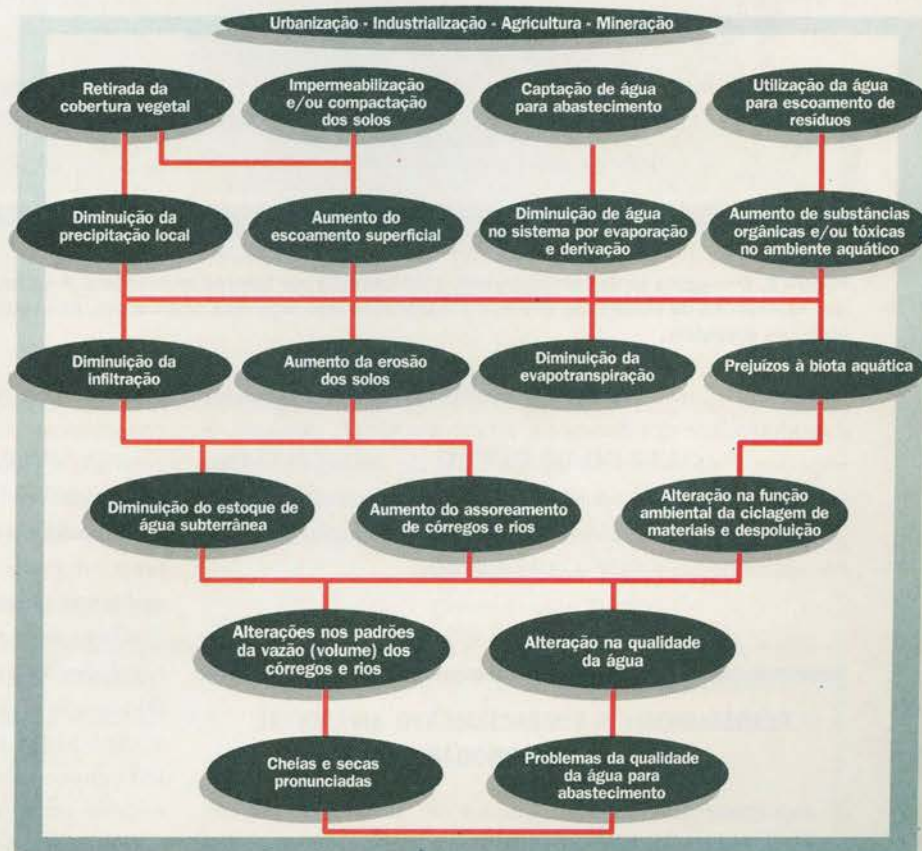


Figura 1. Principais usos do solo e possíveis interferências nos recursos hídricos.

da água. O esquema mostra, por exemplo, que a agricultura sem irrigação, embora não retire água de qualquer manancial da superfície, tem uma influência indireta no ciclo, pois o uso do solo interfere no recurso d'água. Pode-se observar um aumento do escoamento superficial e da erosão, com o conseqüente assoreamento dos corpos d'água. Entre outros efeitos, verifica-se uma menor taxa de infiltração de água no solo, que diminui o lençol freático e altera o padrão de vazão de córregos.

Portanto o planejamento e gerenciamento de bacias hidrográficas deve incorporar todos os recursos ambientais da área de drenagem e não apenas o hídrico. Além disso, a abordagem adotada deve integrar os aspectos ambientais, sociais, econômicos e políticos, com ênfase no primeiro, pois a capacidade ambiental de dar suporte ao desenvolvimento possui sempre um limite, a partir do qual todos os outros aspectos serão inevitavelmente afetados (figura 2).

Os processos de planejamento e gerenciamento ambiental da bacia hidrográfica devem ainda incluir objetivos de qualida-

de que as normas e diretrizes de uso, de apropriação e de conservação dos recursos ambientais sejam aceitas e obedecidas.

Mas para que os cidadãos possam negociar o desenvolvimento de seu território de forma sustentada, eles devem ter um conhecimento razoável sobre o ambiente, suas potencialidades e fragilidades, e entender o porque dos mecanismos de regulação do uso do solo. Isso pode ser atingido com um programa de educação ambiental direcionado para a mudança de atitude dos grupos e dos indivíduos com relação ao uso dos recursos.

É preciso, entretanto, não confundir o papel do técnico com o do cidadão. Ao primeiro cabe analisar tecnicamente as possibilidades de desenvolvimento ou não dos recursos ambientais; ao segundo cabe contribuir de forma consciente para o processo de decisão que irá afetar o seu futuro.

O gerenciamento eficaz de uma bacia hidrográfica requer, antes de tudo, um amplo processo de planejamento ambiental para buscar soluções dentro dos limites da capacidade-suporte ambiental. Dessa forma, é indispensável conhecer os conceitos de qualidade ambiental, capacidade-suporte e riscos ambientais.

Qualidade ambiental – Por qualidade ambiental entende-se a soma dos padrões encontrados em uma série de componentes que nos cercam e influenciam diretamente nossa vida: qualidade da água, do ar, estética etc. Para o cidadão comum, entretanto, qualidade ambiental se confunde com qualidade de vida. O público está acostumado a lidar diariamente com o conceito de qualidade de vida e toma como variáveis, por exemplo, as condições e o custo do transporte, da energia e da alimentação etc. Mas não

costuma perceber a importância das funções ambientais propriamente ditas para o funcionamento dos processos ecológicos, e conseqüentemente para as condições de vida da sociedade.

Capacidade-suporte – Quando a estrutura de um ecossistema é degradada e suas funções comprometidas, a qualidade ambiental diminui. Considera-se, então, que houve um 'desequilíbrio ambiental', ou seja, que foi ultrapassado o limite regulador do ambiente, por uma sobrecarga em sua 'capacidade-suporte'. Este é um conceito ecológico. Relaciona-se com a capacidade de um ambiente suportar certo número de indivíduos, que é limitada pela disponibilidade de algum recurso ambiental (alimento, água, espaço, abrigo etc.).

Os conceitos de produção sustentada e capacidade-suporte são interdependentes, pois só é possível uma produção



Figura 2. O suporte ao desenvolvimento está limitado por fatores ambientais. A satisfação das aspirações da sociedade envolve a integração dos aspectos ambientais, econômicos, políticos e sociais.

de ambiental para utilização dos recursos, procurando aumentar a produtividade dos mesmos e, ao mesmo tempo, diminuir os impactos e riscos ambientais na bacia de drenagem. Nesse sentido, a viabilidade econômica e social de alternativas de um programa de desenvolvimento deveria contemplar as alternativas ambientais e de sustentabilidade.

PLANEJAMENTO E GERENCIAMENTO AMBIENTAL DE BACIAS HIDROGRÁFICAS

É importante que o gerenciamento de bacias hidrográficas envolva todos os atores sociais no processo inicial do planejamento. A participação da sociedade é imprescindível para

sustentada ao longo do tempo se o ambiente for capaz de suportá-la. Essa capacidade-suporte pode ser otimizada desde que seja descoberto e manejado o fator ou os fatores que a limitam. A tecnologia, por exemplo, pode aumentar a capacidade do ambiente sustentar uma determinada atividade.

Riscos ambientais – São considerados riscos ambientais as alterações, naturais e tecnológicas, a que o ambiente e o homem estão expostos: desmoronamentos, enchentes, contaminação, poluição etc., e que implicam a possibilidade (ou a probabilidade) de um impacto sobre o ambiente. Os riscos e impactos ambientais negativos devem ser identificados, mapeados e manejados para que se possa reduzi-los ou mesmo anulá-los.

MÉTODOS E ETAPAS DO PLANEJAMENTO

O início do processo de planejamento ambiental consiste em definir os objetivos e as metas que orientarão o plano de gerenciamento da bacia hidrográfica. Dentro de um plano de gerenciamento, a área de atuação deve englobar todos os municípios que pertencem à área da bacia de drenagem, contemplando necessariamente o conjunto de terras drenadas por um rio principal e seus afluentes, cujos limites constituem as vertentes que, por sua vez, limitam outras bacias (figura 3).

A metodologia recomendada para o gerenciamento de bacias hidrográficas envolve técnicas de Análise Integrada de Recursos (AIR). Ferramentas essenciais para o planejamento, elas incorporam considerações ecológicas como produtividade e estabilidade no planejamento do uso e manejo dessas unidades ambientais.

As técnicas de AIR surgiram da conhecida classificação de solos para a agricultura elaborada pelo Serviço Americano de Conservação do Solo, que considera as limitações físicas de um terreno para a produtividade agrícola. Com as análises de aptidão agrícola, foram desenvolvidas técnicas mais consistentes, envolvendo problemas de uso múltiplo do solo, permitindo identificar seu uso potencial com um mínimo de perturbação. O procedimento-chave usado nessas técnicas tem sido a utilização de métodos cartográficos para representar as característi-

cas ambientais da área, integrar informações e elaborar mapas derivados informando a capacidade de uso do solo ou as áreas de conflito e restrições de uso.

Outros procedimentos técnicos sugeridos, referem-se aos utilizados dentro da abordagem de Desenvolvimento Unitário Programado (DUP), nos quais o empreendedor deve provar a viabilidade de seu projeto desenvolvimentista, do ponto de vista ambiental, social e econômico, por meio de análises detalhadas do impacto do investimento. Para isso são usadas, por exemplo, técnicas de Avaliação de Impactos Ambientais. Geralmente utilizadas em projetos individuais, essas técnicas devem ser adaptadas no caso de planejamento ambiental, considerando-se o caráter multiplicador dos efeitos ambientais causados por diversos usos do solo (atividades antrópicas) que ocorrem na bacia de drenagem e as possibilidades potenciais de outros usos do espaço e recursos naturais de uma região.

Ao lado dessas técnicas, a utilização de sistemas computadorizados (Sistema de Informações Geográficas – SIG) tem facilitado o processo de planejamento e gerenciamento ambiental, na coordenação e execução das tarefas que envolvem a análise de dados e informações ambientais de caráter espacial. Essa é uma ferramenta capaz de tratar grande volume de dados e que vem sendo utilizada com sucesso em vários setores da administração pública, permitindo aos planejadores ‘democratizar a informação’.



Figura 3. Imagem de satélite (LANDSAT Tm5) mostrando parte da Bacia Hidrográfica do rio Mogi-Guaçu, SP, com sobreposição de curvas de nível para facilitar a interpretação.

As etapas do plano de gerenciamento da bacia hidrográfica poderão ser realizadas separada ou conjuntamente, dependendo do tempo, e dos recursos financeiros e humanos disponíveis.

A etapa de Diagnóstico Ambiental resume a análise das condições ambientais atuais frente a ocupação humana (figura 4) e pode ser separada em três atividades distintas: 1) inventário e levantamento de dados e informações sobre o ambiente físico e biológico; 2) levantamento das áreas ambientais críticas; 3) análise das informações e classificação das unidades geográficas de acordo com a capacidade de absorver os diversos usos humanos, considerando suas restrições ambientais.

Esse diagnóstico deve verificar a situação atual do uso do solo, o nível de aproveitamento dos recursos naturais e a qualidade ambiental, incluindo inventário dos equipamentos urbanos e rurais, infra-estrutura disponível, estudos demográficos e situação da população na área estudada. Deverão ser avaliadas ainda a compatibilidade de usos atuais frente às classes de uso levantadas e o grau de competição e conflito por recursos, bem como, verificados os impactos e riscos ambientais naturais e tecnológicos.

Na etapa seguinte, o Prognóstico Ambiental (figura 5), serão analisadas as prováveis condições futuras em diferentes cenários de tempo e ocupação de espaço, frente às tendências de desenvolvimento e à demanda de serviços e produtos. Devem ser identificadas ainda as situações de insustentabilidade entre as diversas formas de utilização dos recursos ambientais que provoquem a degradação dos recursos ou a incompatibilidade de usos.

A última etapa consiste na integração das análises ambientais, políticas e econômicas do plano de gerenciamento da bacia hidrográfica. As diretrizes políticas para uso do solo devem conciliar o desenvolvimento econômico e a manutenção do equilíbrio ambiental a longo prazo. Entretanto, para sua implementação, muitas vezes são necessárias drásticas mudanças políticas e alterações nos padrões do uso do solo, o que torna sua execução uma tarefa difícil.

Esse plano deverá gerar uma proposta de divisão do território estudado (Zoneamento Ambiental). Com base na classificação ambiental

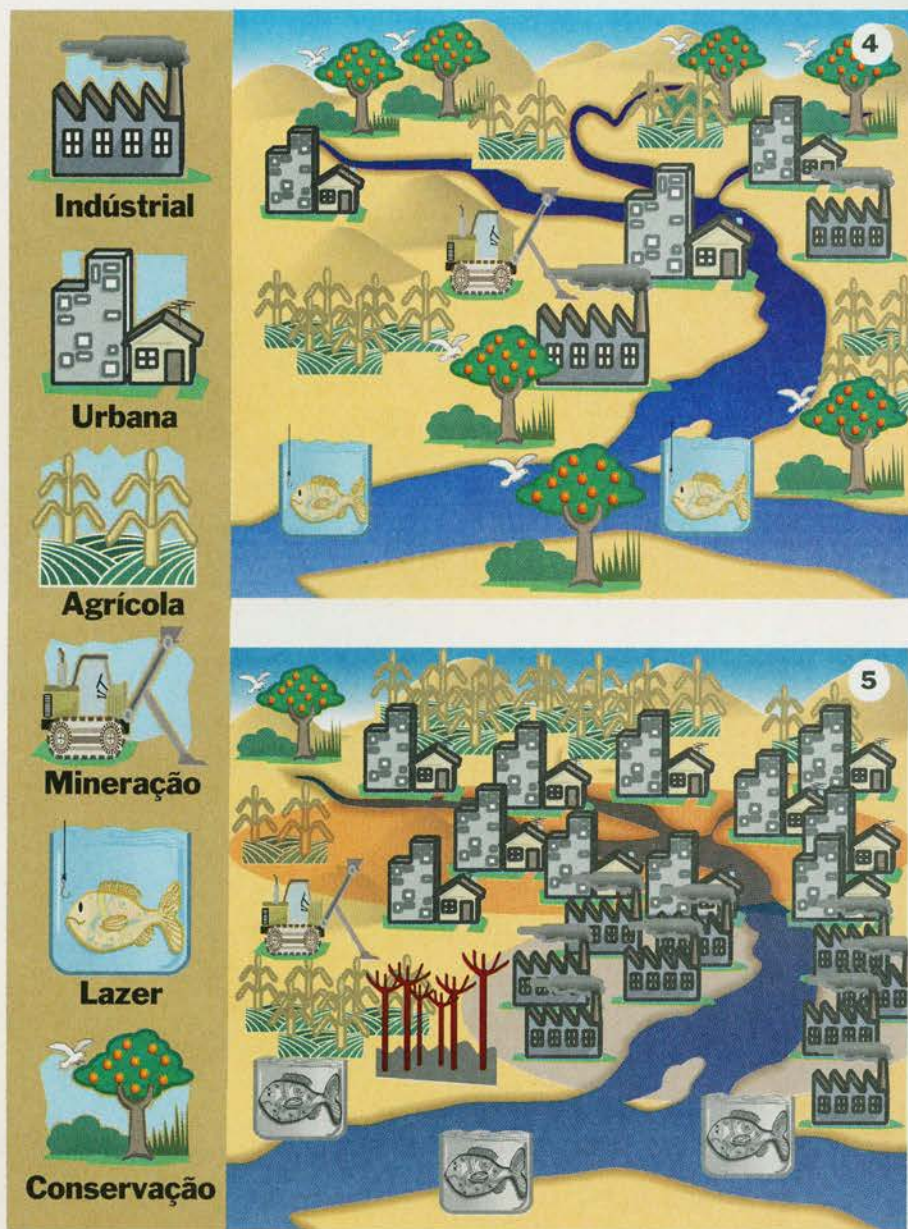


Figura 4. Diagnóstico Ambiental: síntese das atividades de levantamento e classificação do solo e análise das condições atuais de uso e ocupação.

Figura 5. Prognóstico Ambiental: análise das condições futuras frente as tendências atuais de uso e ocupação do solo e evolução do uso de recursos naturais.

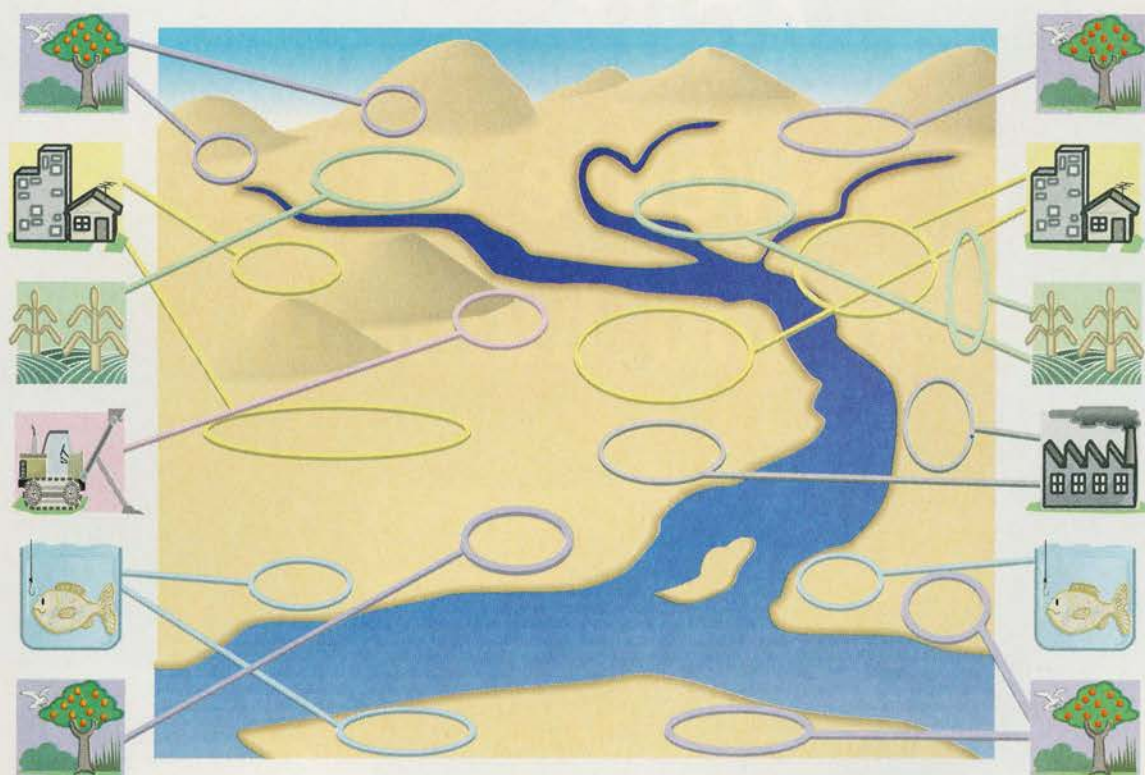


Figura 6.
Zoneamento Ambiental:
divisão do território estudado, em forma de lei, conforme sua capacidade de absorver as diversas atividades humanas.

e na análise dos quadros ambientais atuais e futuros, deverão ser autorizadas ou interditadas legalmente determinadas atividades (figura 6).

O Zoneamento Ambiental é um dos aspectos da política administrativa cuja finalidade é resguardar o bem-estar público. Esse instrumento de gestão está regulamentado por lei na Política Nacional de Meio Ambiente (Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981 e Decreto nº 88.351 de 01 de junho de 1983).

Esse zoneamento da bacia de drenagem servirá para impedir que a propriedade individual seja utilizada exclusivamente da maneira desejada pelo proprietário, garantindo a obediência às determinações da administração pública que, sub-

sidiada pelo planejamento ambiental, deverá discernir entre os tipos de usos dos recursos permissíveis para cada área de seu território, conforme os critérios ecológicos e econômicos estabelecidos no plano de gerenciamento.

Dessa forma, será possível controlar e fiscalizar o uso do solo na bacia hidrográfica, permitindo a utilização racional dos recursos naturais e impedindo os efeitos deletérios do desenvolvimento desordenado.

Somente através da formulação de políticas do uso do solo coerentes com a capacidade do ambiente em produzir bens e serviços ambientais, poderá ser atingido um padrão aceitável para as populações atual e futura.



ÁGUA

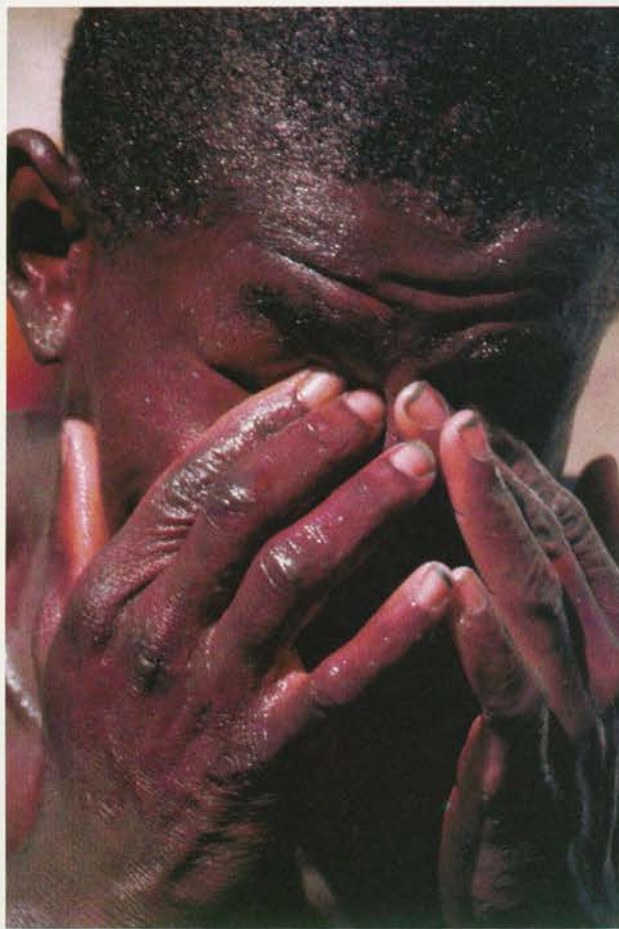
o solvente do organismo humano

Paulo Cesar Koch Nogueira

*Escola Paulista de Medicina,
Universidade Federal de São Paulo.*

O CORPO HUMANO É UMA GRANDE SOLUÇÃO AQUOSA EM QUE SE ENCONTRAM DISSOLVIDAS VÁRIAS SUBSTÂNCIAS. ESSA SOLUÇÃO É O AMBIENTE NO QUAL OCORREM AS REAÇÕES QUÍMICAS QUE CARACTERIZAM A VIDA NO NOSSO ORGANISMO.

A ÁGUA REPRESENTA DE 40 A 80% DO PESO TOTAL DE UMA PESSOA. ESSA PROPORÇÃO MUDA DE ACORDO COM A IDADE: NOS FETOS, ELA CONSTITUI 95% DO PESO CORPORAL,



A QUANTIDADE DE GORDURA DO ORGANISMO. O CORPO DAS MULHERES, POR EXEMPLO, GERALMENTE POSSUI MAIS GORDURA E MENOS ÁGUA DO QUE O DOS HOMENS.

É ESPANTOSA A CAPACIDADE DE QUE NOSSOS ÓRGÃOS TÊM DE MANTER CONSTANTES AS CONDIÇÕES DO MEIO INTERNO EM SITUAÇÕES AMBIENTAIS, ALIMENTARES E METABÓLICAS BASTANTE DIFERENCIADAS. ES-

NOS RECÉM-NASCIDOS, REPRESENTA 80%, ENQUANTO NOS ADULTOS, A QUANTIDADE DE ÁGUA VARIA DE ACORDO COM

SA CONSTÂNCIA NA COMPOSIÇÃO E NO TAMANHO DOS MEIOS LÍQUIDOS DO ORGANISMO É FUNDAMENTAL PARA A VIDA.

As moléculas de água são pequenas estruturas com raio de 1,5 Å, em forma de "V", e que apresentam grande mobilidade: calcula-se que elas levem um tempo de 2 a 3 x 10⁻¹² segundos (2 a 3 pseg) para realizar um movimento de rotação em torno de seu próprio eixo.

A difusão da água também é muito rápida. São necessários apenas 30 milissegundos para que uma molécula se difunda a uma distância de 8 µm, que corresponde à extensão de um glóbulo vermelho do sangue.

A mais notável das propriedades da água, no entanto, é a capacidade de ligação de seus átomos de hidrogênio com as moléculas vizinhas. Em uma solução de água pura, os átomos de hidrogênio estão em contínuo processo de estabelecimento e ruptura de ligações com os átomos das moléculas vizinhas, à semelhança do que acontece na formação do gelo. Estima-se que a retirada de uma só molécula de água de uma solução envolva o gasto de 10,5 kcal [grande caloria]. Várias outras substâncias, quando adicionadas à solução de água, não se precipitam. Dessa forma a água torna-se um ambiente adequado para o rápido transporte e a ação, no nível celular, de inúmeras moléculas indispensáveis à vida.

OS COMPORTAMENTOS DA ÁGUA NO ORGANISMO

A água total do corpo humano é uma solução dividida em três compartimentos principais, diferentes entre si pelo tamanho (figura 1). O primeiro deles é o compartimento extracelular (LEC), que comporta toda água presente fora das células. Este compartimento é basicamente formado pelo líquido presente no plasma que circula por todo organismo através do coração, das artérias, dos vasos capilares e das veias que compõem o sistema circulatório; pelo líquido que banha e nutre as células (o líquido intersticial), que inclui o líquido cefalorraquidiano e do globo ocular; e pela linfa, formada a partir do líquido intersticial.

O segundo compartimento é o intracelular (LIC), que compreende todo líquido encerrado no interior das células (citoplasma e organelas), inclusive a água contida nos glóbulos vermelhos do sangue.

O terceiro compartimento, finalmente, é formado pela pequena quantidade de água presente no tubo digestivo e no aparelho urinário, constituindo o que se chama líquido transcelular.

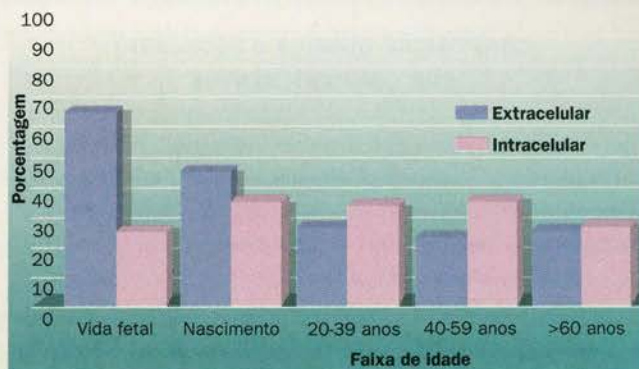


Figura 1. Principais compartimentos líquidos do organismo.

Durante a vida fetal, o organismo é quase exclusivamente constituído por água, que chega a representar 95% do peso corporal do feto. Os recém-nascidos têm cerca de 80% de peso em água principalmente localizada no espaço extracelular. O processo de crescimento do corpo humano está associado à contração progressiva do LEC, enquanto se mantém o espaço do LIC.

Na vida adulta, portanto, a maior parte da água está localizada no LIC. Essa proporção varia de acordo com a quantidade de gordura do organismo. Como os adipócitos (células do tecido gorduroso) têm pequena quantidade de água, o volume do LIC é menor em indivíduos com maior quantidade de células gordurosas. Este é o caso das mulheres, por exemplo, cujo organismo em geral contém maior proporção de gordura do que o dos homens.

Além da idade e da massa de gordura, a gravidez também altera acentuadamente a distribuição de líquidos no organismo. Durante a gravidez, há um aumento de quase 6.000 ml da água total do corpo, resultado do acréscimo de líquido do fluido amniótico, do feto, da placenta, do aumento dos órgãos reprodutivos e do volume de sangue, que chega a ser cerca de 1.000 ml maior no final da gestação (figura 2).

DISTRIBUIÇÃO DO AUMENTO DA ÁGUA CORPORAL TOTAL DURANTE A GRAVIDEZ

Idade gestacional	Conteúdo de água (gramas)		
	20 semanas	30 semanas	40 semanas
FETO	264	1.185	2.343
PLACENTA	153	366	540
FLUIDO AMNIÓTICO	247	594	792
AUMENTO DO ÚTERO	483	668	473
AUMENTO DO TECIDO MAMÁRIO	135	270	304
PLASMA ADICIONAL	506	1058	920
AUMENTO DE GLÓBULOS VERMELHOS	32	98	163
Total	1.820	4.239	5.805

Figura 2. Principais diferenças na composição química dos compartimentos líquidos do organismo.

COMPOSIÇÃO QUÍMICA E EQUILÍBRIO DOS COMPARTIMENTOS

Tal como o tamanho dos diversos compartimentos líquidos do organismo, a composição química desses líquidos também é variada. As diferenças de composição química mais importantes são entre plasma e líquido intersticial e entre este último e líquido intracelular.

A principal diferença entre o plasma e o líquido intersticial é a presença de proteínas nele exclusivamente dissolvidas, enquanto no líquido intersticial esta presença é apenas uma virtualidade. Tal diferença química é mantida pela barreira entre os dois compartimentos, formada pelo tecido dos capilares sanguíneos. A barreira é impermeável às proteínas, o que não permite que elas passem dos vasos para o interstício.

Localizadas apenas no espaço intravascular, as proteínas exercem uma força – denominada pressão oncótica – que tende a manter a água no interior dos vasos, evitando que a pressão hidrostática positiva nos capilares, determinada pelo bombeamento do sangue pelo coração, resulte em extravasamento completo de líquido para o interstício.

Observa-se que as doenças que produzem uma queda no nível das proteínas plasmáticas (por exemplo, insuficiência hepática, síndrome nefrótica), assim como as condições que aumentam a permeabilidade dos capilares às proteínas (por exemplo, infecções, queimaduras extensas) podem determinar um desequilíbrio na dimensão dos compartimentos, produzindo acúmulo de água no interstício e conseqüente redução no volume circulante.

As diferenças de composição química entre líquido intersticial e líquido intracelular são bem mais acentuadas. No interior das células, a quantidade de potássio, de compostos orgânicos e de fosfato é muitas vezes superior à do líquido intersticial, enquanto o sódio e o cloro (íons mais importantes do líquido intersticial) estão presentes em reduzidas concentrações.

O maior responsável pela manutenção dessas diferenças é o mecanismo de transporte ativo de sódio do interior das células para o líquido que as banha. Esse mecanismo opera principalmente através de uma enzima presente na membrana de todas as células do organismo, a “Na – K ATPase”, que promove a saída de sódio em troca de outros íons, dos quais o mais importante é o potássio (figura 3).

Embora sejam acentuadas as diferenças na composição química dos compartimentos líquidos, a quantidade efetiva de moléculas dissolvidas na água – a osmolalidade da solução – mantém-se constante entre os espaços. O eventual aumento na osmolalidade do líquido extracelular produz um gradiente de concentração entre os espaços, com conseqüente perda de água da célula para o interstício (desidratação celular). A queda da osmolalidade do LEC, por sua vez, resulta em um gradiente de concentração contrário, o que provoca a entrada de água nas células, o aumento de seu volume, perturbando portanto o desempenho das funções celulares.

A manutenção da constância na composição e no tamanho dos meios líquidos é muito importante para a vida. Eventuais desvios do padrão de normalidade em determinado compartimento podem produzir conseqüências em todos os demais.

Quando se leva em conta as amplas variações a que estão submetidos os seres humanos com relação ao ambiente

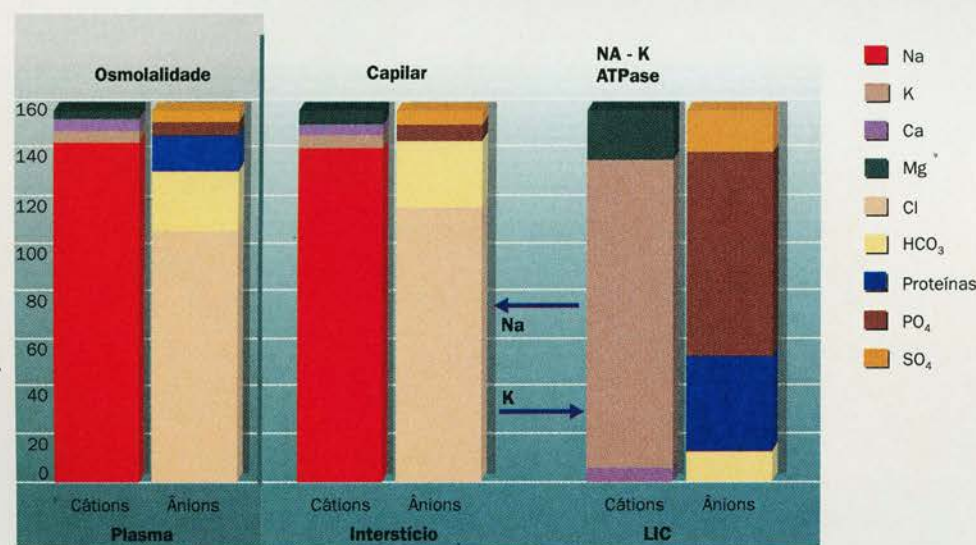


Figura 3. Observe que na faixa de osmolaridade do LEC que vai de 280 a 295 mOsm/Kg (a mais usual em condições normais), o principal mecanismo fisiológico operante é a concentração urinária. Acima de 295 mOsm/Kg a sede mediada pelo SNC passa a ocupar papel principal, uma vez que já se atingiu a capacidade máxima de concentração urinária.

(umidade relativa, temperatura), aos hábitos nutricionais (composição dos alimentos, ingestão de sal, ingestão de água) e ao metabolismo (atividades físicas e intelectuais), verifica-se como é surpreendente a capacidade que o organismo tem de manter constantes as condições do meio interno.

A capacidade de regulação fisiológica é resultado do funcionamento de vários mecanismos homeostáticos que operam em conjunto, envolvendo principalmente os sistemas nervoso, urinário, cardiocirculatório, respiratório, gastrointestinal e inúmeros me-

diadores químicos, como hormônios e substâncias localmente sintetizadas. Tais mecanismos oferecem a cada célula um meio líquido ótimo para o desempenho de suas funções.

O MOVIMENTO DA ÁGUA NO CORPO HUMANO

A água não se encontra estacionada nos compartimentos líquidos do organismo. Ela está em constante movimento de troca com o ambiente. Em um adulto sadio e em repouso, estima-se que esse movimento represente a troca de 5% a 10% da água corporal total em um único dia. Certas condições que alteram o metabolismo, como o crescimento, o exercício físico e várias doenças, podem aumentar ainda mais a velocidade de troca de água.

A quantidade de água perdida pelo corpo é diretamente proporcional à geração de energia pelo metabolismo. Há, por conseguinte, uma relação entre a água perdida e as calorias produzidas e consumidas a cada dia. As mais importantes vias de perda de líquidos pelo corpo são a urina e as chamadas perdas insensíveis.

Na excreção de substâncias tóxicas, o aparelho urinário perde cerca de 60 ml/100 Kcal metabolizadas, o que representa um volume de aproximadamente 1.200 ml em um adulto em repouso (produção de energia estimada de 2.000 Kcal). As perdas sensíveis de água são aquelas que ocorrem pela evaporação através da pele (estimativa de 30 ml/100 Kcal; volume aproximado de perda de 600 ml) e pelo ar da respiração (estimativa de 20 ml/100 Kcal; volume aproximado de perda de 400 ml). Não devem ser confundidas com a perda por sudorese, que, em condições normais, é desprezível, mas pode representar importante fator em condições climáticas ou de controle térmico alteradas.

Por outro lado a combustão de hidratos de carbono e gordura produz energia, gás carbônico e pequena quantidade de água (cerca de 10 ml/100 Kcal; volume aproximado de ganho de 200 ml), denominada água endógena. Estima-se portanto que, em condições basais, um adulto perde obrigatoriamente cerca de 110 ml/100 Kcal e ganhe 10 ml/100 Kcal metabolizadas na forma de água endógena. Isso significa que cada caloria produzida provoca a perda de 1 ml de água, ou seja, de cerca de 2.000 ml por dia. Na infância e em várias condições patológicas, o volume proporcional das perdas é maior, porque também é maior a energia produzida.

A principal fonte de reposição de líquidos no organismo é a ingestão de alimentos pelo trato gastrointestinal. Como os hábitos alimentares são determinados cultural e socialmente – além dos estímulos fisiológicos –, é evidente que a alimentação não é a única responsável pela regulação fina das trocas de

água. Pelo contrário, os indivíduos freqüentemente ingerem uma quantidade de água muitas vezes superior ou inferior à necessária para a reposição de líquidos perdidos. Em tais situações, cabe aos rins, através dos mecanismos de concentração e diluição da urina, controlar a manutenção da quantidade de água no organismo.

Os rins humanos possuem um sofisticado sistema de controle da concentração urinária, que pode variar de cerca de 50 mOsm/Kg até aproximadamente 1.200 mOsm/Kg. Esses limites amplos permitem que os indivíduos possam ingerir quantidades bastante variadas de água, porque o aparelho urinário, através da modulação da concentração da urina, é capaz de manter a osmolalidade do líquido extracelular dentro dos limites da normalidade (entre 290 e 295 mOsm/Kg).

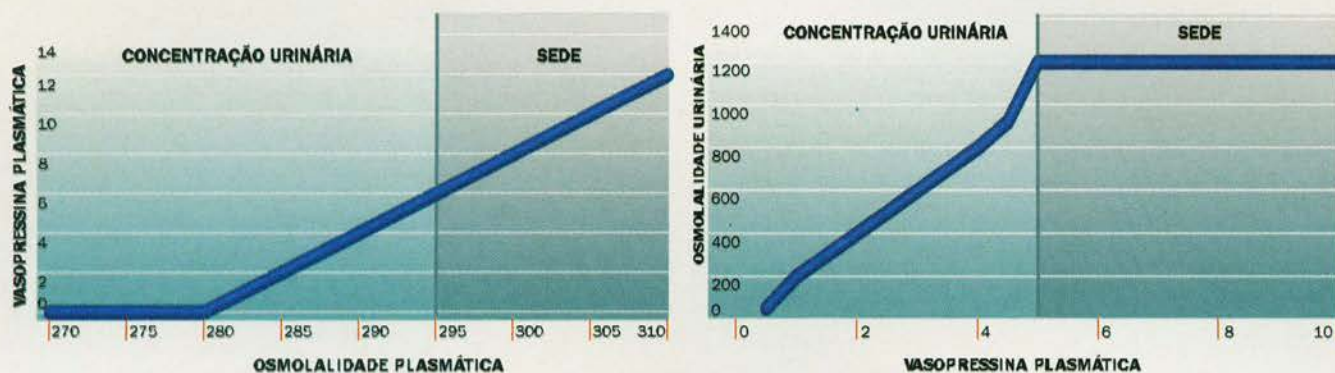
O principal estímulo relacionado ao mecanismo de concentração urinária é a osmolalidade do LEC. O sistema nervoso central possui, na região do hipotálamo, um conjunto de células osmorreceptoras capazes de “sentir” a osmolalidade do LEC. Essas células são sensíveis a variações tão pequenas quanto 0,5 mOsm/Kg. Nenhum osmômetro atualmente em uso nos laboratórios consegue reproduzir tamanha sensibilidade.

Após a detecção da osmolalidade do líquido que banha os osmorreceptores, um estímulo nervoso é transmitido até a hipófise posterior (neuro-hipófise), região de síntese e liberação de um nonapeptídeo chamado arginina – vasopressina ou hormônio antidiurético (ADH). Esse hormônio atua nos rins, modulando a quantidade de água pura a ser excretada, e sua liberação é determinada pelos estímulos nervosos transmitidos pelos osmorreceptores hipotalâmicos.

Há uma relação direta entre a osmolalidade do LEC e o nível de ADH, estimando-se que o aumento de 1% na osmolalidade do líquido circulante produz um acréscimo de 1 pg/ml na concentração do hormônio no soro. Nessa relação, há um limite inferior (cerca de 280 mOsm/Kg) abaixo do qual a secreção de ADH é abolida e os rins excretam enorme quantidade de água pura, chegando a atingir cerca de 15 ml/minuto em um adulto (aproximadamente 21 litros de urina ao dia).

Acima do limite inferior, o nível de ADH sobe paralelamente à osmolalidade do LEC, até cerca de 295 mOsm/Kg, quando se atinge concentração urinária máxima (1.200 mOsm/Kg). Isso reduz o volume de perda de água para algo em torno de 500 ml ao dia. Nos animais que habitam ambientes secos e quentes, os mecanismos de concentração urinária são capazes de produzir urina ainda mais pobre em água. Entre os roedores do deserto, a urina pode atingir uma concentração de até 6.000 mOsm/Kg.

Acima da concentração de 295 mOsm do LEC (situação pouco habitual na vida cotidiana), a urina já está maximamente concentrada. Outros osmorreceptores hipotalâmicos, vizinhos



Figuras 4 e 5. Representação gráfica dos mecanismos de secreção de ADH e de concentração urinária.

àqueles que liberam o ADH, desencadeiam a sensação de sede que é mediada pelo sistema nervoso central, progressivamente maior com o aumento da osmolalidade. O indivíduo é levado a consumir água de maneira compulsiva, sendo capaz de ingerir entre 20 e 25 litros ao dia (figuras 4 e 5).

Os dois mecanismos fisiológicos de concentração de urina e da sede mediada pelo sistema nervoso central permitem que a osmolalidade do líquido que banha as células seja mantida em discreto intervalo de variação, a despeito de enormes

mudanças externas. Como a osmolalidade do LEC regula em última análise a dimensão do LIC, este controle rigoroso também produz a estabilidade do volume das células.

Os mecanismos homeostáticos descritos são uma aquisição recente na escala filogenética. É uma hipótese interessante atribuir à passagem da vida no mar para a terra algum papel no desenvolvimento de tais mecanismos, como forma de manter, para as células, um ambiente líquido de composição fixa e em muitos aspectos semelhante ao do mar.

CH • BBS

AGORA 24 HORAS NO AR

(021) 295 6198



Universidade Federal Fluminense
Instituto de Geociências
Departamento de Geologia • LAGEMAR

Curso de Especialização em Geologia e Geofísica Marinha



Nível de Pós-graduação

Período: 24 de julho a 22 de dezembro de 1995

Inscrições: 15 de maio a 15 de julho

Local: Departamento de Geologia • LAGEMAR/UFF

Av. Bento Maria da Costa, 115-A • Charitas • Niterói

Endereço para Correspondência: Departamento de Geologia • LAGEMAR/UFF

Caixa Postal: 107061 • CEP 24251-970 • São Francisco • Niterói • RJ

Fax: (021) 711-9917 Tel.: (021) 711-9917 e (021) 717-8080, ramal 242

**O Departamento de Geologia da UFF também oferece
o curso de Mestrado em Geologia e Geofísica Marinha.
As inscrições estarão abertas a partir de dezembro de 1995
para início em março de 1996.**

Falta uma política nacional de águas

A DEGRADAÇÃO E O ESGOTAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS É TEMA DE DEBATE MUNDIAL. ESTA PREOCUPAÇÃO ESTEVE PRESENTE NA RIO 92, QUANDO SE CRIOU O DIA INTERNACIONAL DA ÁGUA. NA PRIMEIRA REUNIÃO DE COMEMORAÇÃO DA DATA, NA HOLANDA, A AMÉRICA DO SUL FOI APONTADA COMO UMA REGIÃO QUE ESTARIA NA ROTA DA CRISE DA ÁGUA. O VOLUME DE DISPONIBILIDADE DE 150 MIL M³, PER CAPITA, NA DÉCADA DE 50, TERIA CAÍDO PARA APENAS 85 MIL, HOJE. NA REALIDADE, A QUESTÃO É DISTORCIDA E CONTROVERTIDA. NINGUÉM PENSA EM FALTA D'ÁGUA NOS PAÍSES DA EUROPA, ONDE A MÉDIA DE DISPONIBILIDADE É MUITO MENOR. A CRISE DA ÁGUA NO MUNDO NÃO É DE RECURSOS, MAS DO MODELO DE UTILIZAÇÃO.

PARA DISCUTIR O ASSUNTO E SUAS IMPLICAÇÕES, PAULO AFONSO ROMANO, SECRETÁRIO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS, DO MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, DE RECURSOS HÍDRICOS, DA AMAZÔNIA LEGAL; JOSÉ GALIZIA TUNDISI, LIMNÓLOGO E PRESIDENTE DO CNPq, E ALDO REBOUÇAS, DO INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS DA USP, FORAM ENTREVISTADOS PELA EQUIPE DE **CIÊNCIA HOJE**: LUIZ DRUDE DE LACERDA, DEPARTAMENTO DE GEOQUÍMICA, UFF, ENNIO CANDOTTI, JOSÉ MONSERRAT FILHO E HELENA LONDRES.

Monserrat • *Há de fato uma crise de água ameaçando a América do Sul?*

Aldo da Cunha Rebouças • Na verdade, a crise não é de recursos, mas de sua utilização. No caso latino-americano, o aumento da demanda decorreu da mudança do modelo econômico na região. Temos uma disponibilidade no Brasil de 35 mil m³, *per capita*. Isto significa quase 17 vezes o que tem a Alemanha e quase 10 vezes, a França. Portanto, temos muita água. E talvez, por isso mesmo, nos damos o direito de deteriorar nossa água, gastando-a de forma extremamente irresponsável. Por falta de boa administração, o país já enfrenta crise de abastecimento em algumas áreas. É o caso de São Paulo, Rio de Janeiro e do Nordeste semi-árido. Falta gerenciamento. Se houvesse, São Paulo, com 9 mil m³ *per capita*, não teria por que preocupar-se. A Alemanha tem apenas 1.500 m³ e vive muito bem. São Paulo está em processo de degradação nunca visto. Segundo a Cetesb, a cada dois anos dobra a extensão de rios com águas tão degradadas que não se pode fazer um tratamento convencional. O controle ambiental implantado no Brasil levou a um controle relativamente eficiente dos despejos industriais. Porém, o vilão é o governo. As empresas públicas de saneamento não tratam a água de forma correta.

Drude • *E o controle ambiental, não faz nada?*

Aldo • A meu ver, o problema do setor público está criando um impasse de recursos no Brasil. A justiça tem que começar em casa. Quando um órgão público se dá o privilégio de jogar seu esgoto *in natura* nos cursos d'água, perdem a moral de cobrar das empresas um tratamento sofisticado. Segundo levantamento feito em 86, todos os cursos d'água que atravessam comunidades com mais de 10 mil habitantes não apresentam qualidade para banho. O modelo de engenharia sanitária tem muita engenharia e pouco saneamento. Uma bacia de tratamento de esgoto numa laguna de oxidação, sobre fossas térmicas, custaria, no Brasil, cerca de 25 centavos *per capita*, contra R\$150 de tratamento de carvão ativado e processos sofisticados. Seria necessário haver o casamento de meio ambiente e recursos hídricos, já que a degradação do meio ambiente afeta logo a água, e, conseqüentemente, a saúde. As indústrias têm de atender padrões mundiais de qualidade e, por isso, fazem seu sistema de tratamento. Nossos órgãos ambientais estão cobrando multa, controlando as indústrias, mas ninguém fiscaliza as empresas públicas.

Ennio • *Os recursos do Banco Mundial investidos em obras de saneamento obedecem a essas diretrizes ou são apenas recursos para realização de obras?*

Aldo • Ultimamente, esses recursos têm obedecido bastante às especificações ambientais. No entanto, nas décadas de 70 e 80, houve grandes obras de engenharia sanitária que não redundaram em saneamento. Hoje, tentamos mudar a situação, mas o quadro não mudou completamente, porque é problema político. O banco empresta dinheiro e exige o compromisso de se pagar. Sobre o que se vai fazer com o dinheiro, o banco não é tão rígido. Por exemplo, um projeto de saneamento em São Paulo, de US\$ 12 bilhões, tinha como contrapartida a construção das estações de tratamento de esgoto. O dinheiro do banco era para montar uma rede de coleta de lixo. A rede foi implantada, mas as estações não foram construídas. Conclusão: o Tietê passou a ser o grande receptor de esgoto e foi deteriorado. Para limitar o transporte desse esgoto e não afetar Barra Bonita e todo o interior de São Paulo, construiu-se então a barragem de Pirapora.

Tundisi • A tendência atual no processo de tratamento nos países desenvolvidos é o tratamento por setor. Divide-se a rede de saneamento por distritos ou por bairros, totalmente descentralizada. Chegou-se à conclusão que as grandes estações de tratamento são mais caras. Este novo sistema é mais fácil de controlar, mais barato e não é obra grande.

Aldo • Não são obras grandes. Isso requer menos engenharia e há mais saneamento. No Brasil, em que 80% das cidades são de pequeno porte, pelo contexto ambiental, todas deveriam ter sua lagoa de estabilização gratuita. Deus se encarrega de operá-las. O custo é baixo: US\$ 0,25 por habitante, contra US\$ 150 de uma estação sofisticada.

Montserrat • *O senhor está querendo dizer que nós temos que começar do zero?*

Aldo • Não do zero, mas abaixo disso, do menos 1. Precisamos de novos conceitos, mudar a filosofia, a atitude, o posicionamento, a percepção do problema. A Sabesp é uma árvore grande e precisa ser substituída por um roçado. Essa é a maneira de São Paulo sobreviver, porque uma companhia que hoje abastece cerca de 35 milhões de pessoas é única no mundo. É uma complexidade enorme de reservatórios e infraestrutura. Dentro de um enfoque ambiental adequado, a bacia hidrográfica deve ter um gerenciamento diferenciado em suas várias partes.

Paulo Afonso Romano • O prof. Aldo, com muita eficiência, tocou numa questão que acho fundamental. Chegamos aos avisos da crise de maneira muito contundente. Foi preciso que viessem alertas, às vezes de fora, para uma mudança de postura, não só de governo como também da sociedade. A questão hídrica no Brasil é questão de cidadania. A cultura da abundância, que orienta muito o dia-a-dia do brasileiro, causou efeitos devastadores que ainda não foram percebidos. No caso da água, chegamos a um ponto dramático, em relação à qualidade e à disponibilidade. Nova abordagem do problema ultrapassa as ações de um só governo. Há responsabilidade geral de se tratar os recursos da água dentro do conceito de desenvolvimento sustentável. O conceito básico que começamos a afirmar – está em projeto de lei – é que o recurso é finito e altamente vulnerável. Cabe aos congressistas levar o debate à sociedade.

Montserrat • *O senhor*

poderia ser um pouco mais explícito sobre essa legislação?

Romano • Há um projeto de lei em andamento, fruto dos debates ocorridos nas décadas anteriores. Em 91, o governo brasileiro propôs um projeto de lei que tem seu substitutivo agora em debate. Na legislatura passada, o relator foi o deputado Fábio Feldman. Esperamos que, no decorrer desse ano, com novo relator, a discussão seja retomada e aprovada. Trata-se de uma política nacional de águas, que estabelece parâmetros para o gerenciamento dos recursos hídricos. A proposta defende a garantia de oferta de informações pelo poder público e, principalmente, o levantamento de situações. Não conhecemos adequadamente o nosso patrimônio. Seriam então os planos por bacias e por regiões que gerariam o plano nacional, com atualização periódica. Mas, para que o gerenciamento seja eficaz a sociedade deve compreender o problema. A matriz do gerenciamento vai partir da comunidade. Ela precisa sensibilizar o cidadão.

Aldo • Isso não é meta de um governo. É o início de um processo. A França, com uma massa de alfa-



**“O MODELO DE ENGENHARIA
SANITÁRIA TEM MUITA ENGENHARIA
E POUCO SANEAMENTO.”**

betizados muito superior à nossa, está, há 30 anos, nesse processo.

Ennio • *Geólogos de Minas Gerais afirmam que projeto de transposição do rio São Francisco comprometeria de maneira grave os aquíferos do cerrado mineiro. O atual governo suspendeu esse projeto para melhor avaliar o problema?*

Romano • Essa é uma das discussões mais complexas sobre recursos hídricos, no curto e médio prazo. O projeto atinge o ecossistema da caatinga do

semi-árido, onde a escassez é a norma e é grave. Temos 35% da população no Nordeste, e apenas 4% da oferta dos recursos superficiais. Desde que assumi a Secretaria de Recursos Hídricos, há um mês, retomamos a discussão da maneira mais aberta possível. Será uma das grandes experiências mundiais de integração de bacias hidrográficas e a primeira grande experiência brasileira. Não há um proje-

to pronto e acabado, existem formulações sobre uma proposta.

Ennio • *O mapeamento do aquífero do subsolo dessa área semi-árida não está completo?*

Romano • Em 11 de abril, reunimos em Brasília todos os secretários de Recursos Hídricos do Nordeste e Minas Gerais. Passamos todas as informações obtidas, recentemente, por contrato de consultoria realizado no final do ano passado. Além das questões ambientais e hídricas propriamente ditas, não podemos deixar de verificar as questões políticas, econômicas e sociais que têm a ver com esse projeto. Só depois que obtivermos consistência na formulação técnica e chegarmos a um consenso político entre os estados interessados, esse projeto será concretizado.

Aldo • Existe um conhecimento generalizado dos recursos hídricos do Nordeste: é o pedaço mais bem conhecido em termos de recursos hídricos e única área mapeada. Eu mesmo participei de grandes fases do projeto de transposição do rio São Francisco e sei que a parte subterrânea foi objeto de estudo. Para

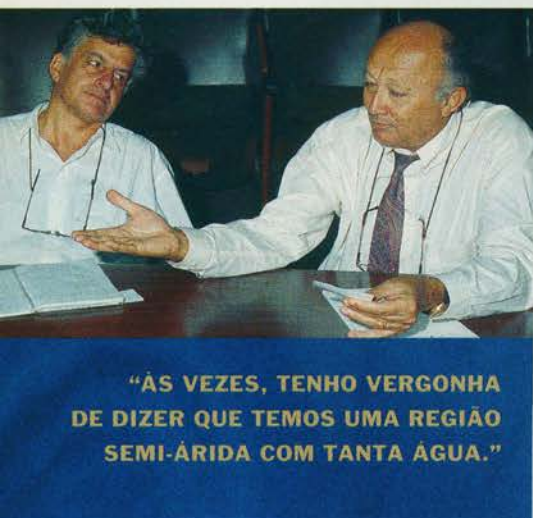
sangrar o São Francisco, temos que começar a trabalhar em Minas, no alto da Bacia. A região do alto do São Francisco tem potencial muito grande, ainda não aproveitado. Pequenas e médias obras poderiam condicionar a regularização do rio. Isto proporcionaria alguns milhares de metros cúbicos que poderiam transpor-se para o outro lado, sem criar problema de conflitos de uso dentro do sistema. Os aquíferos não têm nenhuma influência. Os aquíferos são simplesmente corpos drenados pelos rios. A operação do uso do rio lá em baixo não vai influenciar o sistema de drenagem, convencional. O problema do Nordeste é de gerenciamento. Um pernambucano dispõe da mesma quantidade de água que um alemão. Às vezes, tenho vergonha de dizer que temos uma região semi-árida com tanta água. Mas já temos o Ceará, um dos Estados que, junto com São Paulo, está iniciando um processo de gerenciamento. O governo cearense recebeu empréstimo do Banco Mundial para implementar seu plano estadual de recursos hídricos e começou por uma seleção de pessoal, em âmbito nacional.

Drude • *Esta é uma questão básica: o país tem capacidade técnica para enfrentar problemas hídricos e gerar soluções?*

Tundisi • Há um razoável contingente de técnicos e pesquisadores trabalhando em água, mas muito aquém das necessidades nacionais. Devemos formar recursos humanos para planejamento e gerenciamento com visão mais integrada do uso múltiplo das águas. Estes técnicos deverão ser capazes não só de solucionar o problema a curto prazo, como também de estabelecer uma rede de monitoramento ambiental. O projeto que fiz para o Ibama, em 1994, previa a criação de oito grandes centros que teriam a capacidade de analisar os problemas, as amostras de água e treinar técnicos.

Helena • *Quem se responsabilizaria por este treinamento?*

Tundisi • A meu ver, seria preciso, primeiro, formar planejadores de recursos hídricos, com visão integrada do problema e capacidade de previsão. Depois, investir naqueles que produzem informações necessárias para essa mudança de rumo da política. Eles deverão ser treinados, não só nas universidades e nos institutos de pesquisa, mas também a partir de parcerias com as companhias de saneamento. Existe um potencial não aproveitado em tais empresas. Elas



"ÀS VEZES, TENHO VERGONHA DE DIZER QUE TEMOS UMA REGIÃO SEMI-ÁRIDA COM TANTA ÁGUA."

se transformaram em grandes burocracias incapazes de enfrentar de forma criativa o problema. Precisamos tomar a bacia hidrográfica como unidade, considerando a água como receptor. Um receptor de todos os processos e problemas que ocorrem na bacia hidrográfica. Um outro aspecto diz respeito a uma desarticulação nas áreas básicas e de aplicação. De um lado, os engenheiros trabalham na solução dos problemas de aplicação. De outro, os cientistas trabalham na solução de problemas básicos. Há pouca interação entre os dois grupos. Nem os cientistas resolvem os problemas de aplicação, nem os engenheiros solucionam a parte básica. Precisamos fomentar cursos de ciências ambientais articulados com enfoque básico e tecnológico nos recursos hídricos.

Aldo • Participo de um curso de especialização na área de recursos hídricos, oferecido há 27 anos, na Espanha. O curso é financiado pelos ministérios, órgãos de pesquisa, empresas, companhias de águas. Há bolsas inclusive para latino-americanos, pelo Instituto Interamericano-Ibérico. Aqui, no Brasil, não há continuidade. Mais de três mil títulos de trabalhos não saíram da preliminar. No campo de recursos hídricos, o problema é que dependemos de séries. Na geologia, pode-se fazer uma síntese dos documentos disponíveis, porque o processo é lento. Em recursos hídricos, não. A análise de ontem já não pode ser relacionada com a de hoje.

Ennio • *Uma pergunta para o secretário: quanto vai custar o plano nacional de recursos hídricos? De onde virão os recursos? Como vamos enfrentar o problema do usuário e do pagador?*

Romano • A proposta é criar a figura do usuário/pagador e valorizar a água como recurso econômico. O pagamento da água pelo uso.

Tundisi • O problema, hoje, está transformado em quantidade, ou seja, não há clara incidência de imposto sobre a qualidade. O que se faz com a qualidade da água não é pago. Além disso, o uso doméstico é diferente do uso industrial, em que há despejos de alta densidade que produzem outro impacto econômico – o tratamento. Temos que preservar os nossos recursos por duas razões: primeiro porque precisamos ter dentro do país amostras de água de qualidade para servir de padrão. É preciso um treinamento para produção de técnicas de preservação. O segundo aspecto foi muito deteriorado pelo conceito de engenharia sanitária, que diz o seguinte: “polua que a gente trata a água”.

Drude • *Qual o custo deste tratamento em comparação com a preservação?*

Tundisi • Uma água preservada tem baixíssimo custo de tratamento. As estimativas são de R\$ 2, por 1.000 m³, para o tratamento de água preservada de baixíssima contaminação e R\$ 8, para igual quantidade de água bastante contaminada. Essa diferença quem paga é o público, é a comunidade. Portanto, no processo de preservação devem ser inseridas as questões da capacidade tecnológica e da participação da comunidade. Hoje, na área ambiental, você não consegue avançar sem a participação da comunidade. Não há mecanismo federal, nacional, regional ou municipal que possa fazer com que o sistema ambiental funcione, se não houver participação ativa da comunidade em projetos de parceria.

Romano • A valorização da cidadania cobre aquilo que chamamos ausência do Estado. Em nível governamental, algumas parcerias são urgentes.

Veja a questão da contaminação do mercúrio no Pantanal do Mato Grosso.

Ou a da agricultura, que tem a maior taxa de ocupação territorial. A falta de planejamento no traçado de estradas pode ser fatal para os mananciais de água. Por isso, o sinalizador da nossa ação será o cidadão.

Aldo • A gente vê a indústria como o vilão, não o irrigante ou o agricultor. Hoje em São Paulo, o maior vilão talvez seja a agricultura, com o uso extensivo e intensivo de insumos agrícolas. O Brasil é o quarto consumidor mundial de insumos agrícolas, e quase 80% da agricultura concentram-se em São Paulo. Até que ponto se tem conhecimento dessa situação?

Tundisi • O monitoramento das águas pode ser feito pela comunidade. Acho que uma grande contribuição que o governo poderia dar é no treinamento da comunidade. Na China, o *environment watcher* é uma espécie de *ombudsman*, um fiscal da comuna. Ele vê e mede tudo o que está acontecendo, passando as informações às autoridades e à comunidade. Temos que chegar a esse nível de capilaridade. Com



“O TRATAMENTO DE ÁGUA PRESERVADA CUSTA R\$ 2 POR 1.000M³. O DE ÁGUA CONTAMINADA, R\$ 8.”

a participação de universidades, institutos de pesquisa, órgãos de governo, em parceria com a comunidade e as indústrias, podemos desenvolver processos criativos de monitoramento

Romano • Estou começando a discutir, do ponto de vista conceitual, a importância da bacia hidrográfica no planejamento. De novo, voltamos à questão do treinamento de pessoal especializado porque, muitas vezes, o planejador de recursos hídricos vê a bacia hidrográfica de maneira limitada. Precisamos levar o debate para a sociedade e

propor inserir a bacia hidrográfica, como unidade de planejamento no sentido global. Por exemplo, quando se fala de agricultura, com ou sem irrigação, o manejo ruim do solo pode ser determinante da liquidação de um bom manancial de água. A nossa responsabilidade é fazer fluir para outras políticas a importância do componente dos recursos hídricos, não só do ponto de vista ambiental, mas

também do ponto de vista global.

Ennio • *Quase toda a discussão sobre o valor da água recai, hoje, sobre o aspecto de geração de energia. Como enfrentar o peso político da questão energética e colocar a discussão sob um prisma mais abrangente?*

Tundisi • Acontece que, por causa de sua visão marco, o sistema público tem estado mais atento ao problema energético. As comunidades locais têm outra visão. Certa vez, examinando várias represas da Eletrobrás, visitei Itaparica. Lá construíram uma cidade nova, com asfalto e luz. Perguntei a uma senhora, na rua, se ela estava satisfeita com a mudança, por causa do progresso que tinha trazido. “Moço, progresso é mais comida”, ela respondeu. Acredito que será preciso resolver os problemas com a participação da comunidade.

Drude • *É possível uma negociação de interesses nacionais, regionais e comunitários?*

Tundisi • Há uns cinco anos, o Ministério Público do Estado de São Paulo me pediu para fazer uma análise

da represa de Porto Primavera que iria inundar o último pantanal do Estado. É um minipantanal extremamente importante no Estado e ponto de passagem de aves migradoras. Cheguei à conclusão de que um rebaixamento de dois metros na represa, salvaria o pantanal. No início, houve uma grita enorme. Os engenheiros da Cesp não queriam nem ouvir falar em perder alguns milhões de dólares de eletricidade, por causa daquele rebaixamento. Mas através de longa negociação, a Cesp chegou à conclusão de que valeria a pena salvar o pantanal. A Cesp passaria a trabalhar inclusive com o ciclo hidrológico, até com produção de energia maior. A negociação deve ser fundamentada no profundo conhecimento do sistema. Conhecimento científico, mesclado com o conhecimento da comunidade local sobre os usos do sistema.

Romano • A eficácia do gerenciamento só ocorrerá com equilíbrio entre os usos múltiplos. O Código de 1934, o primeiro a estabelecer parâmetros para o uso de águas, tinha como finalidade central dar suporte e ordenar mecanismos para a indústria elétrica. Em 60 anos, a cultura do uso das águas no Brasil se organizou nesse eixo. A criação do Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal iniciou uma nova formulação institucional. Essa discussão, agora, se desdobra em negociações dentro do Congresso.

Tundisi • Temos que desenvolver um sistema de parceria entre os vários usuários – comunidades, governos locais e regionais, indústrias. Outra questão que me preocupa é a recreação. Recreação em rio ou em represa é de baixíssimo custo para a população. O problema para a saúde é que se faz recreação em sistemas hídricos deteriorados. Acho desperdício não usarmos o lazer para ensinar ecologia. Por que não conceder bolsas de iniciação científica para futuros guias turísticos? Este é um mercado de trabalho – o ecoturismo – que não está sendo aproveitado.

Ennio • *A Secretaria de Recursos Hídricos responde também por recursos do mar?*

Aldo • Recursos hídricos devem ser entendidos num contexto amplo. Além de reserva energética, o mar é um importante recurso para navegação, como fonte de alimento, resfriamento de usinas term nucleares e sanilização. Sem ele, não haveria regulação ambiental do clima. A visão do recurso hídrico também tem que ser integrada: água atmosfera, água superficial, mares, águas doces e águas subterrâneas.



**“SEM A PARTICIPAÇÃO ATIVA DA
COMUNIDADE, NÃO HÁ
MECANISMOS QUE FUNCIONE.”**

Romano • Na Lei de Recursos Hídricos, o mar participa inclusive como águas de domínio da União. As águas subterrâneas também. Entendemos que é de fundamental importância considerar as águas atmosféricas. Um dos fenômenos mais importantes que afeta as questões de excesso e falta de água de chuva no país é o El Niño, fenômeno oceânico. Hoje, falamos de globalização da cultura e da economia. Como então não considerar a natureza de modo global?

Tundisi • Artigo recente publicado na revista *Science*, *Tyranny of Small Decisions*, revela que pequenas alterações ambientais, se somadas, são extremamente importantes para o *Global Change*. Temos que ampliar a visão das pessoas que estamos treinando, inclusive, na articulação dos processos ambientais. Como é que interagem o oceano, o recurso hídrico continental, os estuários. No Brasil, as maiores populações estão concentradas próximas desses estuários.

Romano • Temos convicção de que a tecnologia é um parceiro fundamental nas mudanças que precisamos operar a nível ambiental. Quando falamos em tecnologia, não se trata da alta tecnologia. A questão da engenharia sanitária *versus* saneamento significa que queremos água limpa e não processos complicados e caros. Poderemos ter em parceria com o CNPq, estudos simples sobre qualidade da água, para o público em geral.

Tundisi • Estamos desenvolvendo no CNPq a idéia de apoiar centros de *low tech* (tecnologias simples). Todo mundo fala em centros de *high tech* (tecnologias sofisticadas), o que é muito importante. Já há no país grande número de experiências bastante simples, mas que não têm tido apoio. A idéia, agora, é treinar recursos humanos em tecnologias de baixo custo e realizar experiências regionais.

Ennio • Qual é a estimativa do potencial de pesca do país? A Secretaria está preparada para fazer essa avaliação? Que medidas concretas devem ser tomadas?

Romano • A tradição brasileira tem sido cuidar da água que corre. Por isso, não temos informações em quantidade razoável sobre a questão da pesca. Mas sabemos que há esgotamento das possibilidades de pesca natural, principalmente, dos rios. Há 20 anos, em Minas Gerais, todo surubim consumido vinha do São Francisco. Hoje, a grande maioria vem de outras bacias. Nosso potencial de criação em viveiros está longe de ser aproveitado. Já se conseguiu tecnologia eficiente para a multiplicação de algumas espécies de

peixes, em cativeiro.

Para outras, falta tecnologia no Brasil. Uma das metas da Secretaria é procurar canais para a piscicultura intensiva.

Aldo • Um estudo mostrou que a produção de proteína de peixe nos açudes era cinco vezes superior à proteína de origem vegetal. É muito útil, portanto, que o açude nordestino seja aplicado para a piscicultura intensiva.

Drude • Há também uma possibilidade barata, de *low tech*, que se resume à otimização da pesca. A conservação ambiental brasileira é falha em conservação de organismos aquáticos. Incentivar a piscicultura em um açude no Nordeste é uma decisão quase óbvia. Mas não é preciso gastar dinheiro para desenvolver alta tecnologia de piscicultura amazônica, quando há condição de se incrementar a produção com tecnologias simples. Além disso, a piscicultura é uma atividade de mão-de-obra reduzida e especializada que não necessariamente atende aos interesses das pequenas comunidades rurais e costeiras do país.

Tundisi • Na construção dos grandes reservatórios no Brasil, depreciou-se a fauna hídrica que não era adaptada ao sistema. Foram trazidas espécies exóticas, já estudadas, para o país. Há 20 anos, sustento que é fundamental a realização de estudos da biologia das espécies nativas. Essa é a chave. Atualmente, alguns centros de estudos estão realizando esse trabalho. Outro aspecto, hoje, é o desenvolvimento em vários países, da criação de peixes em tanques redes, a um custo de US\$ 3 mil, cada. Essa tecnologia está se espalhando no sudeste da Ásia, Japão, Tailândia, China e até Caribe. Outra questão importante é o aproveitamento das águas temporárias. O Nordeste tem massa muito grande de águas superficiais temporárias. Há ali organismos dotados de sistemas de resistência ao ressecamento. Muitos podem ser cultivados como alimento para peixe. Quando se coloca água, ele se desenvolve. É negócio de alguns milhões de dólares.



**"QUEREMOS ÁGUA LIMPA
E NÃO PROCESSOS COMPLICADOS
E CAROS."**

Ennio • *Por que não há estudos no CNPq sobre o mar proporcionais à nossa extensão costeira?*

Tundisi • Há um Comitê Assessor (CA) de oceanografia que recebe projetos. Um projeto interessante de gerenciamento costeiro rendeu muito, mas, por várias razões, foi desativado. Precisamos de um projeto de mar. Praticamente, não temos navios oceanográficos: há o da USP, já obsoleto com mais de 20 anos, e um da Marinha, que pegou fogo. Este navio tinha um enorme laboratório e modernos equipamentos. Há um terceiro da Fundação Universidade do Rio Grande do Sul.



"NO BRASIL, A GENTE LEVA MESES ELABORANDO O PLANO E, QUANDO FAZ O ORÇAMENTO, NÃO DÁ NEM PARA O PRIMEIRO CAPÍTULO."

Ennio • *Creio que se deveria mobilizar as Fundações de Amparo à Pesquisa dos vários estados costeiros para articular, junto com o CNPq e a Fundação Banco do Brasil, uma política para a exploração descentralizada dos recursos do mar, usando o potencial de recursos humanos a formar ou formado e as comunidades locais.*

Romano • Acolho a sugestão e, já com a sinalização positiva do sr. Tundisi,

vou verificar com o Ibama a articulação de um projeto integrado, com as fundações ou outras entidades que estejam ao longo desse trajeto.

Ennio • *Essa questão tem três dimensões: a primeira é a dos investimentos para melhorar a capacidade de pesca: diz respeito ao Banco do Brasil, como financiador. Outra é a formação de recursos humanos em pesquisa básica e especializada, responsabilidade das fundações, do CNPq e outras instituições. O terceiro ponto é a educação e a conservação, tarefa do Ibama. Os três nem sempre caminham juntos.*

Drude • Sem informações confiáveis, não podemos começar um gerenciamento sério. Se a própria Secretaria assume isso, por que não promover, a curtíssimo prazo, até em parceria com a SBPC e com o CNPq, uma série de *workshops*? A experiência, no final do governo passado, de seminários sobre desenvolvimento sustentável gerou uma documentação razoável. Não só se passou a saber o que eram esses indicadores, como até a forma de implementá-los.

Romano • Estamos discutindo exatamente a necessidade desse tipo de ação para buscar a nova base cultural da Secretaria de Recursos Hídricos. O comportamento da sociedade brasileira sobre recursos hídricos precisa de informações e esclarecimentos para se modificar. Não se trata de pedir ao cidadão que assuma a responsabilidade. Pede-se que ele esteja aberto a compreender o processo. Assim, naturalmente, ele vai assumir a sua parte de responsabilidade. A grande imprensa ajuda a sensibilizar populações. Acato como excelente sugestão a idéia de realizar debates de problemas emergentes, como a sanilização e desertificação.

Tundisi • Muitas idéias circulam no país. Nem 10% desse potencial é aproveitado. Discute-se muito, muitos textos são publicados, mas há necessidade de um canal por onde possam fluir.

Drude • *Há no CNPq uma montanha de informação sobre esses problemas que ainda não foram sintetizadas. Essa sintetização não seria um primeiro passo para o gerenciamento dos recursos hídricos em base sustentável?*

Tundisi • Estamos gerando no CNPq um programa de apoio às sínteses. Vamos contratar pesquisadores, publicar séries e distribuir para todas as Universidades. Não só na área de recursos hídricos, mas em todas as áreas. Nos Estados Unidos, já há consciência de que as sínteses são fundamentais para alavancar futuros projetos.

Monserat • *Proporia que cada um formulasse a sua conclusão final.*

Aldo • A mudança de percepção é fundamental: vejo com otimismo o casamento *meio ambiente-recursos hídricos*. As estatais e as empresas de saneamento são responsáveis pela degradação ambiental de recursos hídricos que afetam a saúde humana nos grandes centros. É preciso, daqui para frente, uma concepção ambiental integrada. Precisamos também avançar na questão da conservação. Gastamos muito dinheiro na construção de uma nova barragem e quase nada na conservação. Perdemos de 40 a 70% da água tratada, devido a vazamentos. A ação deve ser permanente e integrada. Passo 80% do meu tempo, na USP, à cata de recursos. O Ministério, que é o usuário, não se julga responsável pela produção do conhecimento. Falta conexão. Nos EUA, o projeto de pesquisa começa pelo orçamento. No Brasil, a gente leva meses elaborando o plano e, quando faz o or-

çamento, não dá nem para o primeiro capítulo. A qualidade está relacionada com o recurso disponível. Precisamos fazer pesquisa que dêem respostas aos problemas e não criar problemas para pesquisar.

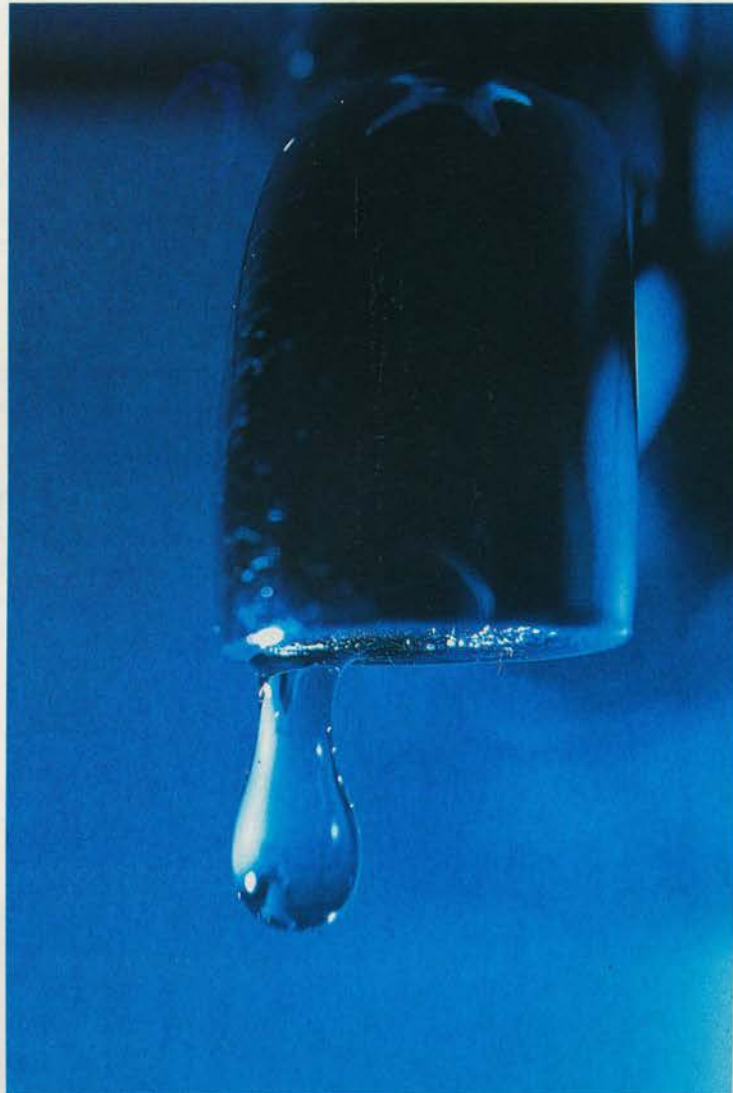
Romano • O Ministério quer saber quem são os interlocutores estaduais, dentro da perspectiva de descentralização. Alguns Estados estão criando secretarias de meio ambiente ou de recursos hídricos. Ou seja, começam a sistematizar um compromisso. Assim, começamos a formar as bases. Há necessidade de se aferir a consistência e de se fazer a complementação quantitativa, introduzindo elementos novos, principalmente, do ponto de vista de aferição de qualidade de água.

Tundisi • Minha conclusão é que precisamos avançar na área de gestão das bacias hidrográficas, inclusive internacionais, como a bacia do Prata e a bacia amazônica. O segundo ponto refere-se à tecnologia. Precisamos de tecnologias e metodologias, de baixo custo, para a preservação e também para fundamentar os usos múltiplos dos recursos hídricos – alimentos, energia, transporte, irrigação e águas de abastecimento público. Também será necessário envolver a comunidade, em tarefas de monitoramento. O terceiro ponto importante é a formação de recursos humanos especializados. Temos que aprofundar, ampliar e articular os cursos de pós-graduação da área e, possivelmente, criar novos cursos em áreas hídricas, especialmente no Nordeste. E articular os cursos com enfoque mais ecológico.

Montserrat • *A Secretaria de Recursos Hídricos está equipada para enfrentar essas batalhas?*

Romano • A Secretaria foi criada no início deste governo. Como todo órgão novo não está orgânica, técnica e administrativamente preparada para toda a missão. Estamos apenas começando, do ponto de vista institucional e legal. Por isso, temos que procurar nos valer dos contatos com os

parceiros potenciais. Já estivemos com o presidente do CNPq e o ministro da Ciência e Tecnologia. Vamos articular parceria com o Ibama e a Secretaria de Meio Ambiente. A recomendação, dentro da perspectiva de reforma do Estado, é de que a Secretaria seja um órgão catalisador, de coordenação e articulação com instituições de toda natureza e, principalmente, com a sociedade. A grande preocupação no momento é buscar informações necessárias para desenvolver o processo e sensibilizar a sociedade. É uma questão complexa que ultrapassa a capacidade simples de governo. Temos que levar a informação correta ao cidadão. Caso contrário, poderemos ter debates emocionais ou tomadas de decisões irracionais. Quem vai gerir o futuro dos recursos hídricos é a comunidade. A nós cabe instrumentalizar a boa tomada de decisão.



Educação em primeiro lugar

Em seis meses de trabalho, o Governo Democrático Popular do Distrito Federal já demonstrou que Educação pode ser, de fato, prioridade.

Bolsa Escola, Poupança Educação, Universidade Aberta e a TV Educação são quatro exemplos do que já está sendo feito

Lugar de criança é na escola

Famílias carentes com todos os filhos em idade entre 7 e 14 anos e matriculados nas escolas públicas, estão recebendo um reforço na renda mensal, de 100 reais, do Governo do Distrito Federal. É o Programa Bolsa Escola, lançado com o objetivo de reduzir os índices de evasão das crianças que buscam nas ruas alternativas de sobrevivência. O programa está sendo implantado gradativamente e vai beneficiar, até o final do ano, cerca de 10 mil famílias, com recursos da ordem de R\$ 5,6 milhões. A meta é atender 50 mil famílias carentes do DF a partir da matrícula do próximo ano.

Os pais ficarão com a responsabilidade de assegurar a frequência dos filhos a 90 por cento das aulas. Quem tiver mais de 10 por cento de faltas, sem justificativas, fica sem o pagamento naquele mês. Além disso, os responsáveis pela criança passam a participar do seu desempenho na escola, reunindo-se regularmente com os professores para identificação das

causas dos problemas de aprendizagem, procurando solucioná-los.

As famílias que já entraram no programa – o primeiro pagamento aconteceu em maio – usaram a bolsa para reforçar a alimentação e vestir os filhos. Os adultos desempregados em cada família recebem orientação para buscar trabalho através do Sistema Nacional de Emprego (Sine).

Com apenas um mês de funcionamento, as diretoras e professoras das escolas do Paranoá, a primeira cidade do DF a receber a bolsa, constataram aumento na frequência dos alunos. O retorno de alunos evadidos tem superado todas as expectativas.

Poupança Educação incentiva o estudo

O aluno de família beneficiada pela Bolsa Escola terá direito ao programa Poupança Escola, que consiste no pagamento de um salário mínimo, no final de cada ano letivo, aos estudantes aprovados. É um estímulo do governo para que a criança estude, tenha assiduidade e um bom aproveitamento escolar.

A primeira retirada, de 50 por cento do saldo, ficará disponível no final da 4ª série. Ao concluir o primeiro grau, o aluno poderá sacar novamente 50 por cento dos depósitos.

O estudante terá acesso a toda a poupança quando terminar o segundo grau, após 11 anos de escolaridade. Os recursos depositados farão parte do Fundo de Solidariedade do DF, que financiará programas de geração de emprego e renda, para empréstimos a jovens entre 18 e 30 anos de idade.

Brasília, Universidade Aberta

O Distrito Federal vai abrigar, ainda este ano, a primeira universidade aberta do país. É a Universidade Aberta de Brasília (UnAB), uma inovação que contribuirá para superar as deficiências do atual quadro da educação pública.

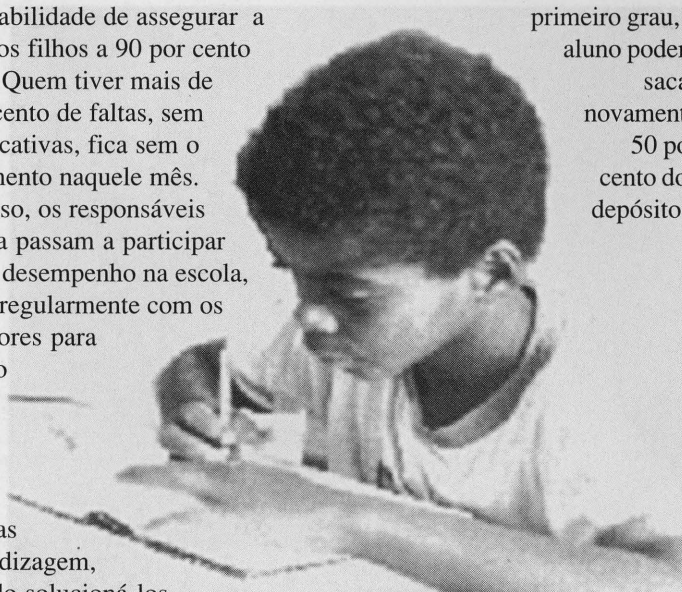
A princípio, a UnAB estará voltada para a formação de professores para áreas que apresentam maior carência de profissionais, como Matemática, Química e Física.

A UnAB será uma universidade aberta de âmbito nacional que poderá ser cursada por habitantes das mais diferentes regiões do país.

TV a cabo na sala de aula

A partir de setembro deste ano 500 escolas públicas do Distrito Federal estarão interligadas por uma vídeo rede de fibra ótica e transmissão por microondas (MMDS). A TV Educação será utilizada para a capacitação de professores e como ferramenta no processo de ensino-aprendizagem pelos 18 mil docentes e 500 mil alunos da rede pública de ensino do DF.

Governo Democrático Popular
Secretaria de Educação do Distrito Federal



TECNOLOGIA

ESTE SUPLEMENTO É PARTE INTEGRANTE DE CIÊNCIA HOJE NÚMERO 110 VOLUME 19. NÃO PODE SER VENDIDO SEPARADAMENTE



A ÁGUA QUE CORTA



SUMÁRIO

2 Multiplicando sementes

Margareth Marmorì

4 Energia solar no combate à poluição

Wilson de Figueiredo Jardim,

Rosana M. Alberici e

Raquel F. P. Nogueira

8 A água que corta

José Ronaldo Rosa Matos

10 Tratamento de esgoto com oxigênio minimiza impacto ambiental

Alicia Ivanissevich

12 Gás carbônico em irrigação: tecnologia de ponta para aumentar a produtividade e qualidade dos produtos agrícolas

Pedro Loureiro Durão e

Alexandre c. Galvão

EXPEDIENTE

EDITOR CIENTÍFICO: GIULIO MASSARANI; COORDENAÇÃO: HELENA LONDRES;
EDIÇÃO DE TEXTO: MARIA IGNEZ DUQUE-ESTRADA

Em 1995, o Serviço de Produção de Sementes Básicas (SPSB) da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária completa 20 anos com algumas histórias de sucesso. A principal delas é que a SPSB conseguiu algo que, de modo geral, o setor científico e tecnológico tem enormes dificuldades para alcançar – a disseminação dos resultados da pesquisa para o mercado.

A função básica do serviço é fazer com que cheguem ao produtor sementes de boa qualidade desenvolvidas pelos centros de pesquisa da Embrapa e também de outras instituições. O SPSB trabalha com 17 espécies que somam 220 cultivares. Só a soja possui cerca de 10 cultivares.

As sementes genéticas desenvolvidas pelos pesquisadores são multiplicadas pelo SPSB, que produz as sementes básicas. O SPSB vende as sementes básicas aos produtores comerciais, que as reproduzem e as colocam no mercado. “Nossas sementes são um verdadeiro pacote tecnológico porque nelas estão embutidos resultados de pesquisas que chegaram a características como produtividade e resistência a condições ambientais e pragas”, informa o gerente de produção do SPSB, Hugo Villas-Boas.

A produção de sementes básicas é necessária porque os centros de pesquisa produzem sementes em quantida-



des muito pequenas. Para se ter uma idéia, se um centro entrega ao SPSB 1.000 sementes genéticas, o Serviço terá condições de a partir delas produzir 50 mil quilogramas de sementes. Já o produtor comercial pode elevar essa quantidade para 2,5 milhões de quilogramas.

O Serviço possui 14 unidades de produção de sementes

FOTOS EPAMIG CULTIVO DE ARROZ



uplicando sementes

ção de Sementes Básicas da Embrapa completa 20 anos



espalhadas por todo o país. A ampla distribuição espacial dos centros garante uma produção mais regionalizada, adaptada às características ambientais de cada lugar.

A regionalização da produção também tem sido garantida com a introdução do sistema de franquias. Inicialmente adotado para a produção de sementes de milho híbrido BR-201, o sistema também vem sendo usado para a produção de sementes básicas de arroz irrigado e soja.

Nesse sistema, empresas realizam todas as etapas da produção de sementes básicas, incluindo a distribuição, sob controle da Embrapa. Atualmente o SPSB e o Centro Nacional de Pesquisa do Milho e do Sorgo da Embrapa fornecem sementes

a 28 empresas produtoras de sementes básicas através do sistema de franquias.

Graças à inovação, as sementes produzidas e comercializadas sob a supervisão da Embrapa ocupam hoje 17% do mercado nacional, algo que ela dificilmente conseguiria se assumisse a produção. Segundo o gerente comercial do SPSB, Demerval

Viana David, a produção por franquias tem outra vantagem: "Os custos são menores, já que as empresas franqueadas se situam em áreas mais próximas dos consumidores."

Demerval explica que as franquias serviram para ampliar a capacidade de produção do Serviço.

"Temos uma estrutura forte e recursos humanos altamente capacitados mas não suficientes para cercar a produção completa das espécies com que trabalhamos em todo o país", comenta.

O trabalho de multiplicar ou apoiar a difusão e comercialização de sementes e mudas deu ao SPSB algumas histórias de sucesso. Por exemplo, até o início da década de 80 o Brasil impor-

tava aproximadamente 500 mil caixas de batata-semente por ano. Hoje, esse número caiu para 75 mil. O gerente de produção Hugo Villas-Boas diz que as empresas privadas nacionais não se interessavam pela batata-semente devido à instabilidade do preço do produto no mercado e às dificuldades de sua produção. "Como a Embrapa tem compromissos sociais, ela enfrentou as dificuldades e montou campos de produção no Brasil", contou.

Outra experiência bem-sucedida é a soja, que não possuía variedades adequadas para regiões tropicais. O SPSB tratou de difundir as sementes desenvolvidas pelos pesquisadores da Embrapa e hoje a soja, além de ser plantada no cerrado, está chegando ao Nordeste e ao Norte do país. Produtores paraenses estão particularmente interessados em plantar a soja porque contam com uma facilidade – o escoamento da produção pelo porto de São Luís.

Mais recentemente o SPSB tem ampliado sua atuação para a produção de sementes de plantas frutíferas. Pomares de matrizes de mudas estão sendo instaladas no Nordeste para que, através deles, os viveiristas possam produzir comercialmente. O Nordeste é uma região especialmente carente em produção de sementes, algo que o SPSB vem procurando estimular.



Embalagem de semente básica para o produtor.

Margareth Marmori
Ciência Hoje / Brasília

ENERGIA solar COMBATE À POLUIÇÃO

*Rosana M. Alberici, Raquel F. P. Nogueira e
Wilson de F. Jardim*
Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas.

O avanço científico e tecnológico trouxe uma melhoria do setor produtivo e com isso mais e mais bens de consumo, cuja fabricação é acompanhada por uma demanda cada vez maior de novos produtos sintéticos. Segundo o Chemical Abstract Registry, existem cerca de cinco milhões de compostos químicos conhecidos, e a produção comercial anual chega a 70 mil compostos orgânicos sintéticos. A cada ano mil novos compostos químicos entram em produção comercial. Mas esse avanço produziu também um dos maiores problemas da sociedade moderna: a contaminação do meio ambiente.

Grande parte da poluição é gerada por indústrias – refinarias de petróleo, manufaturas de produtos químicos e sintéticos, tecelagens e papelarias – que contaminam a atmosfera, o solo e as águas com compostos orgânicos potencialmente tóxicos (COPT).

ESTÁ SURTINDO UMA NOVA TECNOLOGIA DESTINADA À DESTRUIÇÃO DE COMPOSTOS ORGÂNICOS TÓXICOS QUE POLUEM O AMBIENTE. É A FOTOCATÁLISE HETEROGÊNEA, QUE SE BASEIA NO EMPREGO DE UM CATALISADOR (TiO_2) ATIVADO POR LUZ SOLAR OU ARTIFICIAL E QUE TEM SE MOSTRADO EFICIENTE NA ELIMINAÇÃO DE CONTAMINANTES COMO O PENTACLOROFENOL E O CIANETO, COMO MOSTRAM AS PESQUISAS DESENVOLVIDAS NO INSTITUTO DE QUÍMICA DA UNICAMP.

Outras atividades como a mineração, o uso de pesticidas e fertilizantes na agricultura, o emprego de combustíveis para transportes e aquecimento, os detergentes e aerossóis também contribuem para a degradação ambiental. O esgoto doméstico é outra importante fonte de contaminação. No início do ano 2000, cerca de 20 milhões de toneladas de rejeitos serão gerados a cada dia, com uma população do planeta estimada em torno de sete bilhões de habitantes.

A crescente conscientização da sociedade quanto aos riscos à saúde e à própria degradação do ambiente físico tem gerado uma legislação cada vez mais restritiva para controlar a minimização, disposição final e descarte de efluentes. A Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos da América (EPA) elaborou uma lista contendo 129 poluentes prioritários em águas naturais que devem ser rigorosamente controlados. Desses, 114 são compostos

orgânicos. Em São Paulo o controle da poluição ambiental é feito pela Companhia Estadual de Tecnologia e Saneamento Básico e Defesa do Meio Ambiente (CETESB). Como exemplo de controle da poluição destaca-se o Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores na Região Metropolitana de São Paulo (PROCONVE).

Para resolver o problema da poluição, refinadas tecnologias de tratamento foram desenvolvidas nas últimas décadas. Métodos físico-químicos como a troca iônica, a adsorção em carvão ativado e *air stripping* são empregados para a remoção de contaminantes orgânicos da água. Embora essas técnicas sejam eficientes no processo de descontaminação, elas apenas envolvem a transferência de fase do contaminante, sem necessariamente destruí-lo. Há, portanto, grande interesse no desenvolvimento de tec-

nologias capazes de realmente destruir o poluente.

Recentemente, os chamados Processos Oxidativos Avançados (POAs) têm recebido grande atenção. Eles são capazes de converter poluentes em espécies químicas inócuas, tais como gás carbônico e água. O termo POA é usado para definir o processo em que radicais hidroxila (OH) são gerados para atuar como agentes oxidantes químicos.

Os POAs podem ser classificados em dois grandes grupos: os que envolvem reações homogêneas, usando H_2O_2 , O_3 e/ou luz UV, e os que empregam reações heterogêneas, usando catalisadores. A fotocatalise heterogênea é um processo comparativamente recente destinado à destruição de contaminan-

tes orgânicos e inorgânicos presentes em águas e efluentes (ver 'Processos oxidativos com catalisadores') e que nos últimos anos tem se desenvolvido bastante.

Um exemplo de processo catalítico no controle da poluição ambiental é a utilização de conversores catalíticos nos automóveis para diminuir o lançamento na atmosfera de gases resultantes da queima incompleta de combustíveis. No Brasil, o PROCONVE obriga o uso de conversores em todos os carros novos desde 1993. Os catalisadores podem ser classificados de acordo com sua condutividade elétrica em condutores, semicondutores e não-condutores. Na fotocatalise heterogênea são utilizados os tipos semiconduto-

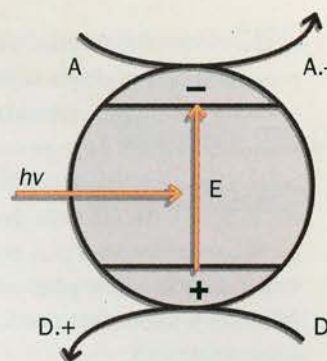


Figura 1. Representação esquemática da geração lacuna/elétron na superfície do semicondutor, onde A é a espécie aceptora e D a espécie doadora de elétrons.

res (ver 'Catalisadores semicondutores').

A maioria das publicações na área de fotocatalise heterogênea sugere o emprego de suspensões do catalisador (também chamado de lama). Nesse caso, após a oxidação do composto orgânico, requerem-se etapas de separação e recuperação do catalisador. Quando são usados catalisadores ultrafinos, como o TiO_2 , essas etapas podem consumir tempo. Uma alter-

nativa é imobilizar o catalisador em um suporte estacionário, por onde a água contaminada escoe em permanente contato com ele. Isso torna o processo mais barato do que as tecnologias convencionais usadas no tratamento de águas contaminadas. Vários suportes têm sido estudados, como areia, pequenas esferas de vidro, placas de vidro, fibra de vidro, teflon, membranas poliméricas e cerâmicas.

A maior desvantagem do uso de fotocatalisadores imobilizados é a limitação de transferência de massa. Isso não ocorre com a suspensão de partículas finas, uma vez que a distância entre a molécula do soluto e o semicondutor é muito pequena.

UTILIZAÇÃO DA ENERGIA SOLAR

Uma demonstração visual simples da mineralização de poluentes orgânicos, usando luz solar e TiO_2 como catalisador, é possível com o azul de metileno ($C_{16}H_{18}N_3SCl$), por ser este de coloração azul intensa e solúvel na água. A figura 4 mostra o decréscimo da concentração inicial ($10^{-4}M$) da substância com o tempo de exposição à luz solar, na presença de TiO_2 . Após 60 minutos de exposição à radiação na cidade de Campinas, com intensidade lumino-

CLASSE DO COMPOSTO	EXEMPLOS
ORGÂNICOS	
ALCANOS	METANO, PENTANO, HEPTANO
ALCANOS HALOGENADOS	DICLOROMETANO, CLOROFÓRMIO, DIBROMOMETANO, BROMOFÓRMIO, CLORETO DE ETILA, BROMETO DE ETILA
ALCENOS HALOGENADOS	TRICLOROETILENO, DICLOROETILENO, TETRACLOROETILENO, PERCLOROETILENO
AROMÁTICOS	BENZENO, FENOL, CRESOL, TOLUENO, XILENO, CUMENO
AROMÁTICOS HALOGENADOS	CLOROBENZENO, NITROBENZENO, 2,4-DICLORO-FENOL, 2,3,5-TRICLOROFENOL, PENTACLOROFENOL, 4-CLOROFENOL, 2-NITROFENOL, BIFENILAS, POLICLORADAS (PCBs)
ÁCIDOS CARBOXÍLICOS	ÁCIDO BENZÓICO, SALICÍLICO, CLOROBENZÓICO, DICLOROACÉTICO, ACÉTICO, FÓRMICO, OXÁLICO
ÁLCÓOIS	METANOL, ETANOL, PROPANOL
SURFACTANTES	DODECILBENZENO SULFONATO DE SÓDIO (DBS), CLORETO DE BENZILDODECILDIMETILAMÔNIO (BDDAC)
HERBICIDAS	ÁC. 2,4,5-TRICLOROFENOXIACÉTICO, ATRAZINA, BENTAZON, CARBETAMIDA
INSETICIDAS	TRIMETILFOSFATO, 4,4-DICLORODIFENILTRICLORO-ETANO (DDT), PERMETHRIN
INORGÂNICOS	H_2S , HCN

Figura 2. Compostos passíveis de degradação por fotocatalise heterogênea.

sa média de 34 w/m², a taxa de remoção foi de 98,4%.

A aplicação da energia solar para descontaminação de águas, usando dióxido de titânio (TiO₂) como fotocatalisador, tem sido avaliada por laboratórios americanos, como o Sandia National Laboratories e o Solar Energy Research Institute (SERI), e espanhóis, como a Plataforma Solar de Almeria (PSA), onde são realizados testes de grande escala e desenvolvimento de uma tecnologia pré-industrial.

No nível do mar, o espectro solar tem, em sua composição, uma gama apreciável de radiação ultravioleta (UV) que se estende até 290 nm. A região UV próxima do espectro solar (290-400 nm) é par-

ticularmente importante em processos de fotodegradação e compreende aproximadamente 1,5 a 2,0% do espectro solar. O espectro de absorção do TiO₂ é caracterizado por forte banda de absorção, por volta de 360 nm e portanto pode ser fotoexcitado por luz solar (figura 5).

O estudo da fotocatalise mostrou que o uso da luz solar na degradação de alguns poluentes é mais eficaz que o emprego de uma lâmpada a vapor de mercúrio de 100 Watts. Assim, a aplicação da luz solar possui a vantagem de reduzir os custos operacionais com a diminuição do consumo de energia. Para melhorar a eficiência do processo, tem sido avaliada, a

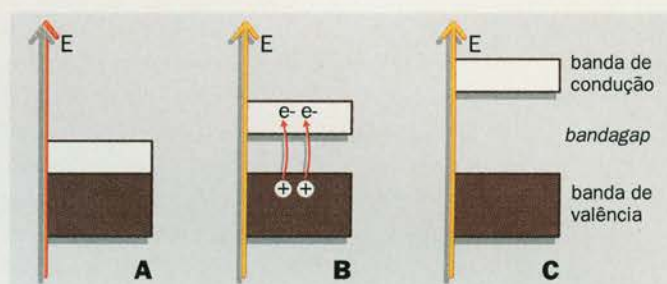


Figura 3. Representação esquemática das bandas de energia características de materiais semicondutores.

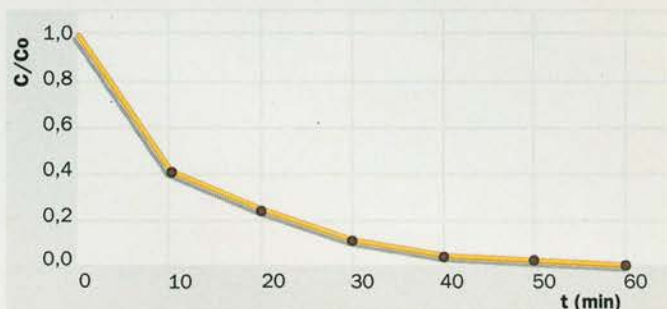
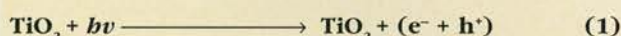


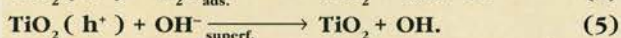
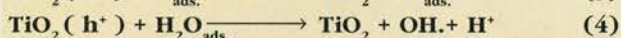
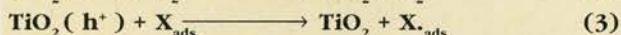
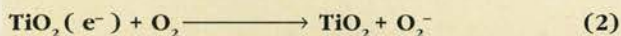
Figura 4. Fotodegradação de azul de metileno por irradiação com luz solar, usando TiO₂ como fotocatalisador. C/C₀ representa a concentração relativa do composto de partida.

PROCESSOS OXIDATIVOS COM CATALISADORES

No processo de fotocatalise heterogênea, o TiO₂ é excitado por um fóton com energia superior ao seu *bandgap* (~3,0 eV), elétrons da banda de valência (BV) são promovidos à banda de condução (BC), levando à formação de pares elétrons/lacuna.



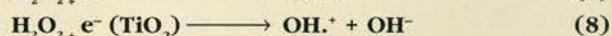
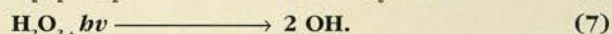
Essas espécies podem se recombinar ou migrar para a superfície do catalisador, onde podem reagir com espécies adsorvidas, dando seqüência às reações redox (figura 1). Assim, a oxidação de compostos orgânicos e inorgânicos pode ocorrer por meio de dois processos – transferência de elétrons direta do composto adsorvido ou transferência de elétrons de outro composto, radical ou íon.



Como H₂O molecular e OH⁻ são as espécies mais abundantes na superfície do catalisador, provavelmente são elas que reagem com as espécies fotogeradas, formando os radicais hidroxila, reagentes primários em reações fotocatalíticas

(equações 4 e 5).

O oxigênio tem um importante papel como aceptor de elétrons, formando o íon radical superóxido (equação 2). Este pode subsequentemente produzir peróxido de hidrogênio, cuja decomposição também gera radicais hidroxila (equações 6-8).



Alguns íons metálicos podem também competir com o oxigênio dissolvido como aceptor de elétrons, o que torna possível o uso de fotocatalisadores como um processo para remover metais pesados como Pt, Pb, Cu, Hg por redução/adsorção na superfície do catalisador.

Uma grande variedade de compostos químicos tóxicos – como metano e benzeno, entre outros – foram degradados por fotocatalise heterogênea na presença de TiO₂, e a técnica mostra que, além de poder mineralizar uma ampla faixa de compostos orgânicos, elimina a adição de oxidantes químicos (figura 2). Como o processo possibilita a reutilização do catalisador e o recurso da energia solar para ativá-lo o processo de fotocatalise é de baixo custo comparado a outras tecnologias emergentes.

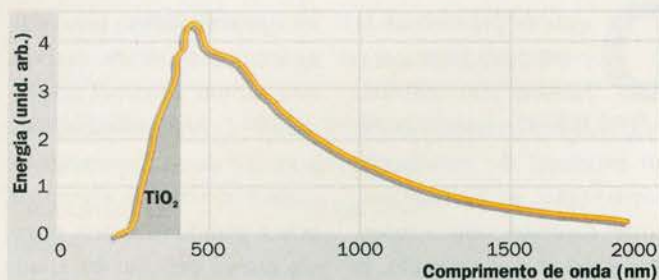


Figura 5. Espectro típico da luz solar que atinge a superfície da terra. A linha vertical mostra o comprimento de onda máximo de absorção do TiO_2 .

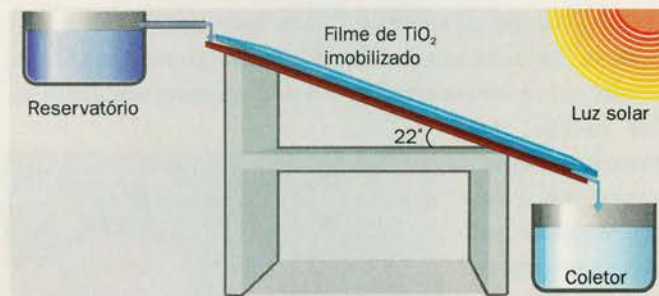


Figura 6. Esquema do reator solar de leito fixo.

utilização de grandes concentradores de luz solar. No entanto, a radiação solar é dividida em radiação difusa e direta, mas somente a radiação direta pode ser concentrada em um único ponto.

O Instituto de Química da Universidade de Campinas desenvolveu um reator solar de leito fixo, que consiste de uma placa de vidro sobre a qual o TiO_2 é imobilizado. O efluente a ser tratado é bombeado para a parte superior da placa, com inclinação de 22° , e flui por gravidade sobre a camada de catalisador formando um filme fino, de 50 a 100 micrometros de espessura, o qual está em contato permanente com a superfície do fotocatalisador e é transparente à luz solar. O reator pode ser operado em passagem única ou múltipla (figura 6).

Esse reator é de construção simples e o catalisador que ope-

ra de forma imobilizada (preso a um suporte) pode ser reutilizado. Isso reduz os custos de operação e manutenção. Além disso, o reator tem apresentado boa eficiência na destruição de compostos orgânicos e inorgânicos, tais como fenol, pentaclorofenol, ácido dicloroacético e cianeto.

Embora a aplicação de processos fotocatalíticos heterogêneos utilizando luz solar seja uma técnica recente, são grandes os progressos obtidos graças a ela no combate à poluição. Além de seu emprego na descontaminação e desinfecção em meio aquoso, o tratamento *in situ* de solos contaminados com compostos organoclorados tem se mostrado viável. O uso da fotocatalise na descontaminação de águas subterrâneas tem sido mais eficiente que o de tecnologias convencionais, bem como de algumas emergentes, como a biorremediação,

CATALISADORES SEMICONDUTORES

A condução eletrônica em sólidos pode ser explicada pela teoria dos orbitais moleculares (OM). Em átomos isolados, a energia dos elétrons é definida pelo orbital atômico (OA) em que eles se encontram. Em sólidos, entretanto, considerando a possibilidade de *overlap* de orbitais atômicos, elétrons estão distribuídos nos OM formados. Esses OM têm uma pequena diferença nos níveis de energia que podem ser tratados como bandas discretas de energia.

Bandas ocupadas são chamadas de bandas de valência (BV) e as bandas energéticas mais próximas, totalmente vazias, são as bandas de condução (BC). Entre essas bandas existe um *bandgap*, cujo tamanho é usado para caracterizar os materiais como semicondutores ou isolantes, uma vez que atuam como barreiras para a mobilidade eletrônica.

Com o aumento da temperatura ou sob excitação óptica por fótons com energia superior do *bandgap*, os elétrons podem ser promovidos para a BC, e a lacuna resultante é chamada de *hole* (ou carga positiva). Essas lacunas localizadas na BV mostram potenciais bastante positivos (na faixa de +2,0 a +3,5 V medidos contra um eletrodo de calomelano saturado), dependendo do semicondutor e do pH. Isso significa que, do ponto de vista termodinâmico, praticamente qualquer composto orgânico pode ser oxidado quando exposto a esse potencial. Elétrons deslocalizados são responsáveis pela distribuição das cargas negativas que podem migrar para a superfície da partícula, onde mostram potenciais que variam entre 0 e -1,0 V (ECS), sendo portanto bons redutores (figura 3).

Vários catalisadores como CdS , Fe_2O_3 e ZnO têm sido utilizados no processo fotocatalítico. Entretanto, a fotocatalise utilizando TiO_2 vem sendo extensivamente estudada devido a sua alta fotoatividade.

CONTAMINANTE	CONC. INICIAL (mM)	TAXA DE DESTRUIÇÃO ($\text{mg}/\text{m}^2\cdot\text{h}$)
CN^-	1	360
FENOL	1	270
PENTACLOROFENOL	0,1	80
ADA	1	550

Figura 7. Taxa de destruição de alguns compostos em reator solar de leito fixo e luz solar.

uma tecnologia de descontaminação ambiental que usa microrganismos.

A fotocatalise também é usada na desodorização de ambientes de trabalho e na

desinfecção de centros cirúrgicos, mostrando sua versatilidade e eficiência quando empregada na destruição de compostos e patogênicos presentes no ar (figura 7).

A água que corta



José Ronaldo Rosa Matos

MECTRONIX - ENGENHARIA, COMÉRCIO E INDÚSTRIA LTDA.

(EMPRESA INTEGRANTE DO PROJETO INCUBADORA DE

EMPRESAS - COPPETEC/UFRJ)

Desde os primórdios da civilização humana o homem tem utilizado a água como ferramenta eficaz no processo de moldagem, construção e agricultura, entre diversos outros usos. Os egípcios, por exemplo, já a utilizavam como ferramenta auxiliar no corte de blocos de pedra para as pirâmides. A água era derramada sobre estacas de madeira em forma de cunha, cravadas nas fendas das rochas. Ao absorver a água, o volume das estacas se dilatava e com isso provocava a propagação e o aumento da fenda na rocha. O processo era repetido até a separação total do bloco da pedra.

Nos tempos atuais, concebeu-se a idéia de se utilizar um jato d'água de alta velocidade como ferramenta cortante. Tal teoria data da década de 50, mas somente na década de 70, com o advento de novos materiais e novos processos de produção, foi possível desenvolver essa tecnologia. O processo consiste em produzir um fino jato d'água, com diâmetro entre 0,07 e 0,8 mm e velocidade de até 900 m/s. O impacto desse jato contra um corpo sólido, ressalvadas algumas condições específicas, produz tensões tangenciais no corpo sólido da ordem de três vezes a pressão utilizada para gerar o jato d'água, de 600 a 1.200 MPa.

Hoje, essa tecnologia pode

ser aproveitada no processamento de materiais macios, que variam do papel ao alumínio. Outra utilização importante dessa ferramenta de corte é no setor de alimentos, pois a grande vantagem é que ela nunca precisa ser afiada ou manuseada. O corte de pães de forma em fatias ou de carnes em frigoríficos seriam dois usos da Tecnologia de Corte com Jato d'Água (TCJA) nos quais essas vantagens so-



Mesa de Hidrocorte JetPower.

bressaem.

O setor de couro é altamente beneficiado com o advento da TCJA. O jato-ferramenta pode ser facilmente empregado, com uma série de vantagens sobre o processo convencional, em um sistema CAD/CAM (Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing, ou seja, Projeto e confecção de peças por computador). No entanto, a principal vantagem na utilização da TCJA reside na total eliminação das facas-moldes do processo convencional, que têm alto custo de confecção e estocagem. Por exemplo, cada modelo de calçado – disponível em cerca de 10 tamanhos – requer uma média de 100 facas, que obrigato-

FOTOS CEDIDAS PELA JETPOWER

HIDROCORTE X TECNOLOGIA CONVENCIONAL PARA CALÇADOS

CARACTERÍSTICAS	CORTE CONVENCIONAL	HIDROCORTE
PERDAS	12% a 30%	2% a 7%
PRODUTIVIDADE MÉDIA	10 Pçs./min	40 Pçs./min
RETIRADA DAS PEÇAS DAS FÔRMAS	30% do tempo total	0%
ERRO NO ENCAIXE DA FÔRMA	10% a 15%	0%

Quadro de Comparação.

riamente só poderão ser utilizadas nesses modelos.

O comprimento útil de corte – ou seja, a profundidade máxima permitida, dentro de parâmetros estabelecidos para um corte de qualidade para cada passagem do jato por um mesmo ponto – é de cerca de 5cm. Esse comportamento se deve à dinâmica de formação do jato d'água. O jato é formado forçando-se a água a passar por um orifício de 0,07 mm. Após ter se distanciado cerca de 30 a 40cm da garganta do bocal, a perturbação gerada no jato o degenera completamente, através do chamado efeito de *breakup*.

Para aumentar a potência de corte passaram a ser adicionados compostos químicos

à água, que alteram suas características físicas e per-



Detalhe do bico do Jetpower em ação

mitem estender o comprimento útil de corte até um metro.

Para otimizar o consumo energético, as pesquisas indicam processos

TCJA nos quais

o jato passa *n* vezes no local a ser cortado, como al-

ternativa de

maior eficiência energética que processos *n* vezes mais potentes, em que o jato passa pelo local a ser cortado apenas uma vez. A redução de energia pode chegar, para alguns materiais, a cerca de 10%.

Apesar dos avanços obtidos, o elemento água, entretanto, ainda reservava outras propriedades, capazes de ampliar a

gama de materiais passíveis de corte. No início da década de 80, surgiu a tecnologia do

Hidrocorde Abrasivo, que mescla o poder do corte abrasivo com a alta velocidade do jato d'água. Uma vez combinados em um único jato, a água e o abrasivo (areia, carborundun etc.) são capazes de cortar mármore, vidro, aço ou materiais tão duros quanto o titânio (cuja tensão de ruptura pode chegar a 1.330 Mpa), conferindo, ao mesmo tempo, excelente acabamento às faces cortadas. Nessa modalidade, o jato d'água funciona como veículo de alta velocidade para transporte do abrasivo que, por sua vez, assume a responsabilidade do corte.

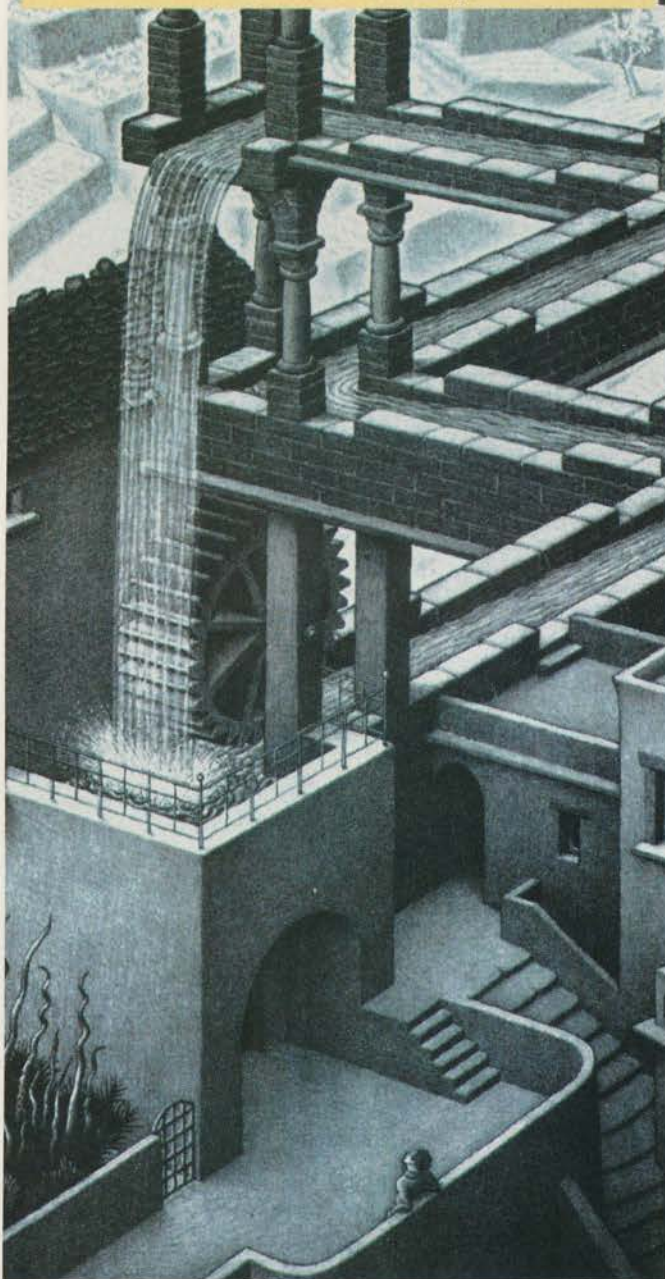
Atualmente o conceito em desenvolvimento da Tecnologia de Corte com Jato d'Água está na utilização de jatos pulsantes de alta energia, com maior poder de corte, bem como no controle em tempo real da profundidade de corte através de monitoração contínua da pressão. Esse desenvolvimento permitirá em um futuro próximo um equipamento capaz de reproduzir, por exemplo, com precisão de centésimos de milímetros, qualquer uma das obras do famoso escultor brasileiro Antônio Francisco Lisboa, o Aleijadinho. Isso seria possível pela combinação da potencialidade de um sistema CAD/CAM, gerenciando uma ferramenta de corte de 0,07 mm de espessura, com a garantia de controle de profundidade de corte na tolerância desejada. Obviamente, seria necessário dispor de um sistema CAD/CAM tridimensional, do tipo empregado em ilhas de usinagem, ou sistemas robóticos.



Corte de peças de couro feito com JetPower.

TRATAMENTO DE ESGOTO COM OXIGÊNIO MINIMIZA IMPACTO AMBIENTAL

Alicia Ivanishevich,
colaboradora de *Clência Hoje*.



O uso de oxigênio puro em vez dos convencionais sistemas de ar para o tratamento biológico de efluentes em cidades superpovoadas, como o Rio de Janeiro, pode ser a solução mais econômica e menos poluidora para o ambiente. Uma unidade-piloto, montada nesses moldes no bairro de Icaraí, na cidade de Niterói (RJ), mostrou, em seis meses de teste, que a nova tecnologia é eficaz – a utilização de oxigênio puro permite reduzir os

tratamento, além da otimização de oxigênio, é a eliminação de aerossóis e odores, que se espalham pela região, prejudicando a saúde da população.

“Dependendo da direção e da intensidade do vento, essa nuvem de aerossóis, que se desprende das estações abertas, pode transmitir doenças para as pessoas que moram nas proximidades”, observa Mauro Michelsen, gerente de marketing, vendas e tecnologias avançadas em meio ambiente da White Martins. “Por



Sistema Efluox – sistema fechado que utiliza oxigênio puro. Trabalha como um reator biológico que mantém o teor de oxigênio dissolvido no efluente constantemente elevado (acima de 90%).

índices de ruído e odor e exige áreas muito menores que os sistemas tradicionais de tratamento. Falta avaliar a relação custo-benefício para saber se a metodologia é rentável. A experiência é fruto de parceria entre a Companhia Estadual de Águas e Esgotos (Cedae) e a empresa White Martins, de gases industriais, que investiu US\$ 700 mil no projeto.

Batizado de Efluox, o sistema instalado em Icaraí pela White Martins funciona como um reator biológico que mantém permanentemente elevado o teor de oxigênio dissolvido no efluente – acima de 90%. A principal vantagem desse

serem fechadas, as estações de oxigênio puro evitam esse problema”, compara.

Michelsen aponta, entre outras vantagens, a possibilidade de instalar o novo sistema ocupando áreas menores. “A estação de tratamento de esgoto de Icaraí é uma unidade antiga e fisicamente estrangulada: a cidade e a população cresceram ao seu redor, tornando insuficiente a capacidade de tratamento”, conta. “O sistema de ar não estava dando resultado. Como não há mais lugar para expandir a estação, a Cedae resolveu fazer uma experiência usando oxigênio puro.

FOTO DE DIVULGAÇÃO/UTOPRAVURA DE M.C. ESCHER

GARRAFA DE PVC SE TRANSFORMA EM AGASALHO

Até agora, apenas o concorrente direto do PVC, o PET (tereftalato de polietileno), o plástico mais usado no mundo (40% do mercado de garrafas de bebidas gasosas), era recuperado e reciclado como poliéster para vestuário nos Estados Unidos, país campeão no setor de roupas recicladas. Agora chegou a vez de o PVC reciclado entrar no mundo têxtil. Para vencer esse desafio, várias indústrias francesas associaram esforços e capacidades. A Rhovyl já era o primeiro produtor mundial de clorofibra, uma fibra têxtil sintética obtida diretamente do PVC. Agora, pela primeira vez, ela conseguiu aproveitar o PVC das garrafas de água mineral para extrair uma fibra que recebeu o nome de Rhovyl Eco.

A produção de clorofibras se divide em duas etapas. A primeira é a extrusão: o colódio, obtido por dissolução do PVC numa mistura de solvente, passa através de fieiras microscópicas, transformando-se em filamentos. Na segunda fase – o acabamento –, diversos processos térmicos e mecânicos transformam esses filamentos em fibras têxteis. O desafio era utilizar os ‘cacos’ provenientes da recuperação e trituração das garrafas de PVC, o que envolvia problemas de ‘limpeza’ para remoção de corpos estranhos, antes da filragem. Usando



técnicas de microscopia eletrônica, o laboratório do grupo Elf Atochem, que se associou ao projeto, conseguiu identificar a composição e a natureza dos resíduos e assim descobriu a origem dos problemas de filragem.

Restava à Rhovyl modificar a regulação de sua fabricação para adaptá-lo ao PVC reciclado. Surgiram assim as fibras Rhovyl Eco. Em seguida elas foram cardadas diretamente a cru ou após tintura, pela companhia de cardagem Peignage Dumortier e, por fim, a fiação Filature de l'Avesnois, aplicando uma proporção de 70/30 de mistura com lã crua, transformou-a em fios têxteis.

Sem dúvida essa inovadora solução de reciclagem das garrafas de PVC deverá levar ao desenvolvimento de outras aplicações, enquadrando-se na política de proteção ambiental, em que um dos principais objetivos é chegar ao ano 2002 valorizando 75% das embalagens plásticas.

ADIT- Technologies France, nº 9

Além da reação ser muito mais eficaz, essa tecnologia permite tratar maior quantidade de esgoto em áreas menores. Pode-se manter a infra-estrutura existente, sem necessidade de construir novas unidades”, acrescenta.

Essas características transformariam o sistema de oxigênio puro em uma opção mais rentável. Segundo Michelsen, o custo de manutenção pode chegar a representar a metade dos equipamentos tradicionais. Ele acredita que esse tipo de unidade pode ser muito útil em condomínios residenciais e no tratamento de efluentes municipais e industriais.

“Os testes com a unidade-piloto foram divididos em duas etapas”, explica o biólogo Evandro Rodrigues de Britto, assessor do diretor de esgotos da Cedae. “Na primeira fase, foi avaliada a viabilidade técnica da metodologia – ela se mostrou eficaz e capaz de provocar menores impactos ambientais nas vizinhanças. Na próxima etapa,

vai ser estudada a relação custo-benefício no campo de provas de pesquisa de esgotos da Cedae, em Jacarepaguá”, comenta. “Isso será feito assim que a White Martins acabar a revisão da unidade e a transportar para lá.”

Segundo Britto, a idéia de usar oxigênio puro para tratamento de efluentes é antiga. “Nova é a tecnologia que a White Martins desenvolveu para tratar o esgoto na própria instalação”, pondera o biólogo. Ele lembra que, há duas décadas, o oxigênio era fornecido em cilindros a um preço muito alto. “A preferência era sempre para a área de saúde, sobretudo para o atendimento a hospitais. Em situações de emergência, o fornecimento para as estações de tratamento era interrompido, prejudicando a eficiência das unidades”, diz.

Como o novo método dispensa os cilindros, a preocupação com esses imprevistos foi superada. Resta saber agora se a nova tecnologia é economicamente viável.



GÁS CARBÔNICO EM IRRIGAÇÃO

TECNOLOGIA DE PONTA PARA AUMENTAR A PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DOS PRODUTOS AGRÍCOLAS

Largamente utilizada em países europeus e nos EUA, a prática da fertilização carbônica, até a última década empregada apenas em cultivos feitos em estufas fechadas, pode agora ser utilizada em estufas semi-abertas e abertas. Avanços tecnológicos na área de irrigação e carbonatação d'água fizeram da fertilização com gás carbônico uma opção viável tanto do ponto de vista técnico como do econômico. É uma tecnologia promissora para a agricultura nacional, forte aliada do processo de produção, principalmente na floricultura e fruticultura irrigada.



A aplicação de gás carbônico (CO_2) no cultivo de espécies ornamentais vem sendo utilizada desde o final do século passado como recurso para incrementar a produtividade e a qualidade das plantas. Essa tecnologia consolidou-se no início dos anos 60, após intenso trabalho de pesquisa desenvolvido na década anterior por pesquisadores norte-americanos e europeus. Entretanto, diversas limitações práticas persistiam para o produtor rural.

A fonte de CO_2 utilizada até então, era o querosene e o propano, cuja combustão no interior de estufas gerava, além do CO_2 , subprodutos altamente tóxicos para os vegetais, como etileno, propileno, monóxido de carbono e óxidos de enxofre. A utilização de puro gás CO_2 , armazenado em tanques ou cilindros, e o advento de equipamentos eficientes na medição das concentrações de CO_2 , resolveram parcialmente essas limitações. Ainda assim, a utilização desse processo limitava-se ao interior de estufas totalmente fechadas.

A partir dos anos 80, desenvolveram-se novas tecnologias de irrigação localizada; gotejamento e microaspersão, e métodos mais eficientes de carbonatação da água (solubilização do gás CO_2 na água). Tais fatores promoveram o surgimento de um grande e renovado interesse na fertilização carbônica, agora com a possibilidade de estender sua aplicação a diversas culturas irrigadas, cultivadas a céu aberto ou em estufas se-

FOTO DE IRRIGAÇÃO DE CAFÉ DELFIN MARTINS-PULSAR

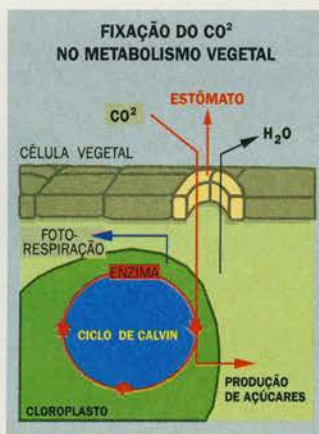
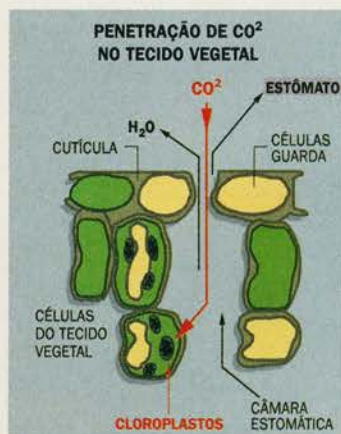


Figura 1: Esquema de corte transversal de uma folha enfatizando o caminho de penetração do CO₂ até atingir os cloroplastos no interior das células vegetais.

Figura 2: Esquema de corte transversal de uma folha evidenciando a incorporação do carbono ao metabolismo vegetal via ciclo de Calvin no interior do cloroplasto.

Figura 3: Comparação da atividade fotossintética entre plantas cultivadas com e sem CO₂. Os períodos destacados podem sofrer modificações dependendo da localização geográfica e seus respectivos fatores climáticos além da espécie vegetal em questão.

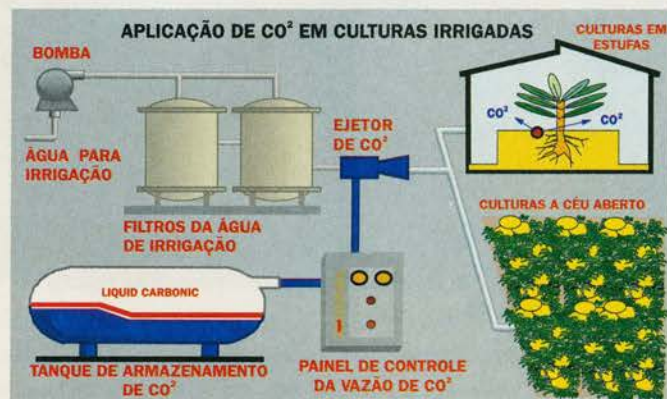


Figura 4: Esquema de aplicação da fertilização carbônica em culturas irrigadas, no interior de estufas e a céu aberto.

mi-abertas, típicas de países de clima tropical.

Essas novas tecnologias, associadas a extensa pesquisa básica na área de fisiologia vegetal dos últimos 40 anos, possibilitaram à Liquid Carbonic do México, em associação com o Centro de Pesquisa em Química Aplicada, em Saltillo, México, desenvolverem a prática do processo a partir dos anos 80. Há três anos, a Liquid Carbonic Brasileira transferiu essa tecnologia para o Brasil, onde ela vem sendo aplicada com sucesso na floricultura e fruticultura.

Bases teóricas do processo

O carbono é o principal componente químico dos vegetais, constituindo aproximadamente 45% da sua matéria seca. A fonte desse carbono é o CO₂ da atmosfera terrestre, que é absorvido pela planta durante a fotossíntese, através de microscópicas aberturas na superfície das folhas, denominadas estômatos. O CO₂ absorvido é fixado e transformado em carboidratos, por meio de processos metabólicos específicos, que ocorrem no interior do tecido vegetal.

A concentração normal desse gás na atmosfera é de aproximadamente 340 ppm (partes por milhão). Considera-se que essa concentração é pouco adequada para o pleno funcionamento do processo fotossintético nos vegetais.

Absorvido pelos estômatos, o CO₂ percorre os espaços inter e intracelulares do tecido vegetal, até atingir o interior das células chamadas de cloroplastos, local exato onde será desencadeada a fixação do carbono ao tecido vegetal (figura 1). Esse metabolismo tem início graças à ação de uma importante enzima, a ribulose-difosfato carboxilase/oxigenase, responsável pela reação inicial de fixação do CO₂ na sequência de reações químicas do ciclo de Calvin (figura 2). A dupla atividade química dessa enzima é regulada pela relação da concentração dos gases CO₂ e O₂. A concentração natural do oxigênio na atmosfera, de 21%, tem ação inibitória sobre a absorção de CO₂ e desencadeia um fenômeno fisiológico conhecido como fotor-

respiração que em última análise, provoca perda de carbono pela planta.

A eficiência fotossintética é maior no horário da manhã, entre 8:00 e 10:00 h, e também entre às 14:00 e 16:00 h, períodos nos quais ocorrem picos de absorção de CO₂ (figura 3).

A pesquisa científica desenvolvida nas últimas três décadas verificou que a elevação artificial da concentração de CO₂ no microclima, criado pela massa foliar dos vegetais, elimina parcial ou totalmente o processo de fotorrespiração, evitando perda de CO₂ pela planta e incrementando assim a absorção líquida. (Fotossíntese líquida = Fot. total - Fotorrespiração.) Esse incremento na absorção de CO₂, em suma, aumenta a eficiência fotossintética das plantas e se reflete em maior produtividade e qualidade.

Além desse mecanismo, há evidências de que outros fatores atuam sinergicamente sobre a planta, aumentando a eficiência do processo de fertilização carbônica. Plantas

sob enriquecimento atmosférico utilizam com mais eficiência as reservas d'água do tecido vegetal. Perdem menor quantidade de água pelos estômatos, pois conseguem mantê-los ligeiramente mais fechados do que em condições normais.

Também é favorecido o processo de nitrificação, que ocorre no solo, beneficiando diretamente a absorção de nitrogênio pela planta. Admite-se ainda que a fertilização carbônica pode interferir positivamente no balanço hormonal da planta, na absorção de micronutrientes e na degradação de resíduos de produtos fitossanitários presentes no solo.

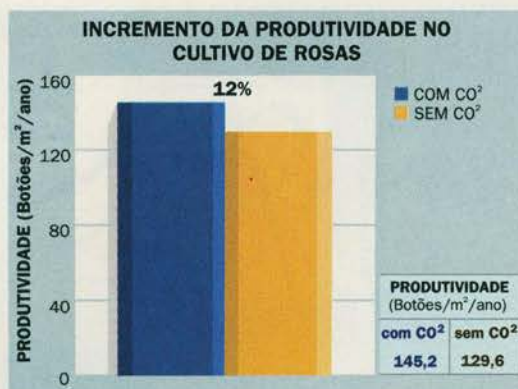


Figura 5: Incremento da produtividade no cultivo de rosas.

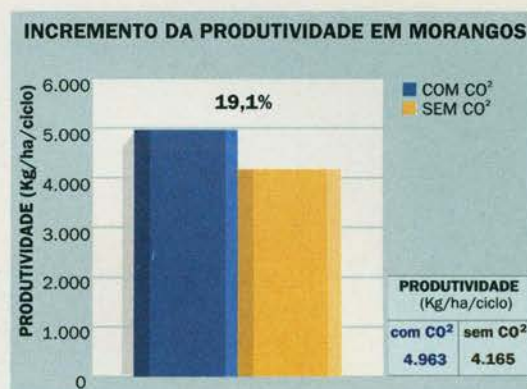


Figura 6: Incremento da produtividade de morangos.



Figura 7: Incremento da produtividade de melão.



Figura 8: Incremento da produtividade no cultivo da acerola.

Formas de aplicação de CO₂

O processo é aplicado basicamente de três maneiras:

1) *Dentro de estufas (fechadas/semi-abertas)*: a) O CO₂ na forma gasosa é distribuído pelos canteiros através de cintas especiais de gotejamento. Essas cintas distribuem o CO₂ de modo homogênea pelos canteiros e são colocadas em contato direto com as folhas das plantas. b) O CO₂ é misturado à água de irrigação. Através de um equipamento desenvolvido pela Liquid Carbonic, o CO₂ é injetado na tubulação que conduz a água de irrigação. O equipamento dissolve o CO₂ na água, tornando-a carbonatada. Ela flui, então, pelos gotejadores e/

ou microaspersores até as plantas. Quando a mistura é expulsa do sistema de irrigação, a pressão se reduz e o gás deixa gradativamente a água, difundindo-se para o microclima formado pela massa foliar do vegetal. O CO₂ é então absorvido pela planta. 2) *A céu aberto*: somente CO₂ misturado a água e injetado em sistemas de irrigação localizados (gotejamento ou microaspersão) (figura 4).

O equipamento básico é constituído de um tanque ou cilindro para armazenar puro CO₂ liquefeito. O gás é injetado no sistema de irrigação, através de um ejetor especialmente desenvolvido para aumentar a dissolução do CO₂ na água. Ele é instalado na

tubulação do sistema de irrigação, em seqüência ao sistema de filtragem da água.

A quantidade de gás aplicado é controlada por um fluxômetro específico (rotâmetro). Equipamentos adicionais são necessários para a medição das concentrações de CO₂ no microclima vegetal. Utiliza-se medidor infravermelho específico na mensuração desse parâmetro.

Vantagens da utilização do processo

A fertilização carbônica incrementa a atividade metabólica da planta, aumentando sua absorção total do CO₂ e seu vigor; aumenta a floração e frutificação, o que significa produtividade e de melhor qua-

lidade; torna a planta mais eficiente na utilização da água, reduzindo o processo de transpiração vegetal, sem prejudicar outros processos metabólicos. Além disso, possibilita melhor aproveitamento da adubação mineral pela planta, tornando-a mais eficiente na captação dos nutrientes do solo. Plantas sob fertilização carbônica, possuem sistema radicular melhor desenvolvido.

A fertilização carbônica tem sua maior eficiência em cultivos no interior de estufas. Contribuem também para seu máximo aproveitamento a utilização de sistemas de irrigação localizada (gotejamento e microaspersão), assim como a periodicidade no uso do sistema. Culturas com densa

massa foliar, que favorecem a criação de um microclima estável, proporcionam o melhor rendimento do sistema.

Em culturas de estufa, foram obtidos excelentes resultados com rosas, crisântemos e violetas africanas, entre outras plantas ornamentais. Nas rosas, verificou-se substancial incremento de produtividade, da ordem de 12%, em números de botões por metro quadrado, por ano (figura 5). Em crisântemos esse aumento foi de 11%. Em ambas o sistema radicular desenvolveu-se com raízes mais longas, espessas e em maior número. As mudas de crisântemo tiveram aumento de produtividade de 10%, e se tornaram mais vigorosas. Quanto às violetas africanas cultivadas em vasos, a última fase de produção, em geral de três meses, foi reduzida em duas semanas. A floração tornou-se homogênea e mais abundante, intensificando-se o colorido das pétalas e folhas.

As culturas a céu aberto também foram beneficiadas com a fertilização carbônica. A de morangos, por exemplo, teve um incremento na produtividade da ordem de 19,1% e a tonalidade vermelha do fruto torna-se mais intensa (figura 6). Na cultura do melão, testou-se a utilização de duas dosagens de CO_2 , de acordo com dados da pesquisa mexicana (figura 7). Verificou-se que dosagens mais elevadas podem melhorar a eficiência do processo, dando um aumento de produtividade acima de 20%. Entretanto, a dose básica torna viável, tanto do ponto de vista técnico quanto do econômico, a

aplicação, proporcionando um ganho de produtividade na ordem de 11%.

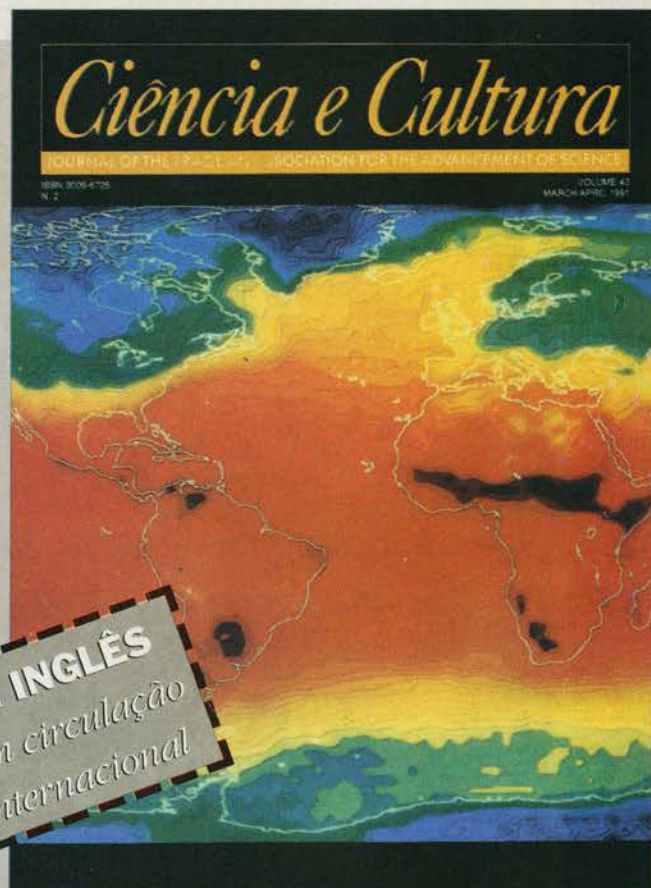
Os resultados de 1993 mostraram um aumento médio de 19,3% na produtividade da cultura da acerola. No ano seguinte, foram conseguidos aumentos ainda maiores na produtividade (figura 8). Outras culturas, como a uva e a manga, também estão demonstrando aptidão para receber o processo CO_2 , que tende a elevar sua produtividade.

Do ponto de vista técnico, todas as espécies vegetais clorofiladas podem obter benefícios com a aplicação da fertilização carbônica, pois o processo ativa o metabolismo vegetal como um todo, através do incremento da atividade fotossintética. Entretanto, o maior mercado para o processo são os cultivos intensivos, ou seja, produtos de maior valor agregado, típicos da floricultura e fruticultura irrigadas.

Pedro Loureiro Durão
Centro Internacional de Pesquisa
e Desenvolvimento
da Liquid Carbonic Ind. S.A.

Alexandre C. Galvão
Centro Internacional de Pesquisa
e Desenvolvimento
da Liquid Carbonic Ind. S.A.

PUBLIQUE SEU ARTIGO DE PESQUISA EM



Assinaturas (6 números): R\$ 33,00 ou

R\$ 25,00 para sócios da SBPC.

Rua Maria Antônia, 294 • 4º andar,

São Paulo • SP • CEP 01222-010,

TEL.: (011) 259-2766 • FAX: (011) 6061002

São Luís do Maranhão

**A CAPITAL DA CIÊNCIA
EM JULHO DE 1995**

**Venha participar da 47ª Reunião da SBPC,
na Universidade Federal do Maranhão,
de 9 a 14 de julho próximo, com tema geral**

CIÊNCIA E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

**Simpósios, Mesas-redondas, Conferências,
Debates, Comunicações, Cursos, Expo-Ciência,
SBPC Jovem, Jornada de Iniciação Científica,
Programação Cultural**



**Será a maior concentração de cientistas
e pesquisadores por metro quadrado**

CIÊNCIAHOJE

Vejo você no Maranhão

ÁGUAS NO BRASIL: ASPECTOS LEGAIS

PAULO AFFONSO LEME MACHADO

Instituto de Biociências/Rio Claro, Universidade Estadual Paulista.

A preocupação de regulamentar o uso múltiplo de águas no Brasil não é recente, como prova o primeiro Código de Águas, datado de 1934.

Atualmente, pela Constituição de 1988, a legislação brasileira sobre águas privilegia a União, mas não exclui a participação dos estados e municípios, que devem até ser mais exigentes do que o poder federal.

Importante, no entanto, é evitar a deturpação das normas gerais e garantir, através da fiscalização, que as leis, definidas no papel, estejam de fato sendo cumpridas.

Em primeiro lugar, é preciso hoje assegurar à população o direito de ser ampla e corretamente informada sobre a questão ambiental,

formando-se assim a consciência cada vez maior dos problemas ecológicos.

Isoladamente ou através de associações afins, cada brasileiro já tem à disposição instrumentos legais para cobrar dos diversos poderes executivos e das empresas, a conservação e a recuperação dos recursos hídricos de que a Natureza tão fartamente nos dotou.

No capítulo sobre Meio Ambiente, a Constituição Federal de 1988, ao estabelecer a partilha de competências entre União, estados e municípios, optou por um sistema misto, definindo competência concorrente e competência suplementar (art. 24). A exceção ficou por conta das matérias relacionadas às águas e à energia, em que a competência é exclusiva da União (art. 22).

Não sou favorável à centralização, na área federal, da legislação sobre questões hídricas. Reconheço, entretanto, que essa centralização evita desvios legislativos dos estados e municípios. Ao se utilizar da competência suplementar, conforme lhes garante o art. 24, os legisladores locais introduzem, algumas vezes, normas deturpadoras, que entram em choque com normas gerais estabelecidas pela União.

Constatar e declarar tais inconstitucionalidades, do ponto de vista prático, não é tarefa fácil, nem imediata. Em primeiro lugar, porque há uma interpenetração de regimes jurídicos para a proteção do ambiente *água*, do ambiente *solo* e *subsolo*, do ambiente *fauna* e *flora*.

Para a União, ficou o monopólio de estabelecer regras sobre a classificação das águas, suas possibilidades de captação e derivação, assim como padrões de qualidade do meio hídrico. Contudo, a normatização do lançamento de efluentes não depende exclusivamente da União, pois é questão de ordenamento do território e do controle da poluição. As normas de emissão de efluentes,

tanto públicos como privados, podem ser estabelecidas tanto pela área federal, como estadual e municipal.

Os estados e municípios têm o direito de suplementar as regras de controle da poluição hídrica que a União já tiver feito, no sentido de exigir mais – e nunca menos – do que a regra federal. Quando esta se mantiver omissa, os estados, atendendo às suas peculiaridades, podem tomar a iniciativa e estabelecer normas de proteção das águas (art. 24, § 3), da Constituição Federal.

É preciso também observar que a competência privativa da União para legislar sobre as águas não deu a propriedade exclusiva das águas brasileiras ao governo federal. São bens da União: “os lagos, rios e quaisquer correntes de água em terrenos de seu domínio, ou que banhem mais de um estado, sirvam de limites com outros países ou se estendam a território estrangeiro ou dele prove-nham”.

Por sua vez, são bens dos estados “as águas superficiais ou subterrâneas, fluentes, emergentes e em depósito”, que não sejam federais. Essas definições constantes da Constituição Federal (arts. 20 e 25) não contemplam os municípios com águas próprias.

No entanto, não me parece um absurdo jurídico afirmar a existência de águas municipais, quando uma corrente de água nascida em um município, tenha nele mesmo a sua foz, junto ao mar.

Declaração do Rio de Janeiro: prevenção e antipoluição

A Conferência das Nações Unidas

para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, realizada de 3 a 14 de junho de 1992, na cidade do Rio de Janeiro, conseguiu aprovar, por unanimidade, uma declaração contendo 27 princípios. Queremos mencionar expressamente os de número 15 e 16.

O princípio 15 diz que "a fim de proteger o ambiente, o critério de precaução deve ser amplamente aplicado pelos estados, de acordo com suas possibilidades. Onde houver ameaças de danos sérios ou irreversíveis, a falta de certeza científica absoluta não deve ser usada como razão para adiar medidas economicamente viáveis, que impeçam a degradação ambiental".

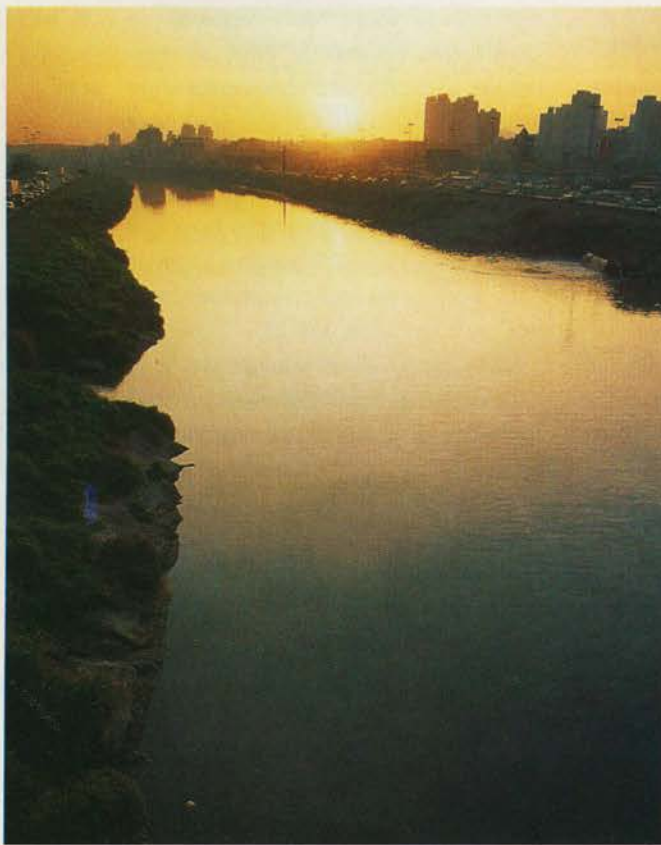
Não é preciso que se tenha prova científica absoluta de que ocorrerá dano ambiental, bastando o risco de que o dano seja irreversível ou grave, para se tomar sem demora, medidas efetivas de proteção ao meio ambiente. No caso de dúvidas sobre possíveis danos futuros ao homem e ao ambiente, a solução deve ser favorável ao ambiente e não a favor do lucro imediato – por mais atraente que seja para as gerações presentes, como demonstrei em *Estudos de Direito Ambiental*, (Malheiros Ed., 1994). Assim, o princípio de precaução, apontando para uma prevenção atual, independe da chegada do resultado maléfico, e é de suma importância para a proteção das águas.

Diz o princípio 16: "As autoridades nacionais devem esforçar-se para promover a internalização dos custos ambientais e o uso de instrumentos econômicos, considerando o critério de que aquele que contamina deve, em princípio, assumir o custo da contaminação,

com a devida consideração ao interesse público e sem distorcer o comércio ou investimentos internacionais."

Esse princípio afasta a hipocrisia de se afirmar que as taxas e multas impostas ao poluidor estariam dando a ele o direito de poluir. É ilegítimo esse uso gratuito dos bens ambientais – "bens de uso comum do povo", conforme expressa a Constituição Federal (art. 225, I) – ge-

inciso I do parágrafo único desse artigo, no qual se lê: "O produto da participação do Estado no resultado da exploração de potenciais hidroenergéticos, em seu território, ou da compensação financeira, será aplicado, prioritariamente, em serviços e obras hidráulicas e de saneamento de interesse comum, previstos nos planos estaduais de recursos hídricos e de saneamento básico."



ADMINISTRAÇÃO INTEGRADA DAS ÁGUAS

A gestão das águas, conforme os interesses geopolíticos dominantes, muitas vezes trata a administração de um rio, de uma maneira isolada em relação aos outros cursos d'água de que ele é tributário, ou que lhe são tributários.

Atualmente, a legislação brasileira valoriza a noção de *bacia hidrográfica*: ela é a unidade básica para o planejamento do uso, da conservação e da recuperação dos recursos naturais, como prevê a Lei Federal de Política Agrícola (Lei nº 8.171/91). Também as Constituições Estaduais de Minas Gerais, Ceará, Mato Grosso, Rio de Janeiro e São Paulo, assim como a Lei Orgânica do Dis-

trito Federal, utilizam igualmente o conceito de *bacia hidrográfica*.

trando enriquecimento antiético dos poluidores. No Brasil, quem polui faz todo o povo pagar pela poluição. É preciso, ainda, observar que a autorização de qualquer organismo oficial não elimina o dever de pagar o custo da despoluição e/ou do uso do recurso hídrico.

A Constituição do Estado de São Paulo, de 1989, diz que a utilização dos recursos hídricos será cobrada, segundo as peculiaridades de cada bacia hidrográfica, na forma da lei, e o produto aplicado nos serviços e obras referidos no

trito Federal, utilizam igualmente o conceito de *bacia hidrográfica*.

No plano prático, só o *Estudo Prévio de Impacto Ambiental* – instrumento administrativo fundamental para a prevenção dos danos ambientais – prevê a obrigação de ser enquadrada a avaliação do projeto na bacia hidrográfica (Resolução nº 001/86 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – Conama). Mas, no Brasil, ainda é obrigatório submeter-se cada projeto separadamente a esse procedimento. O que não acontece com os programas e planos de um setor,

como por exemplo, o hidrelétrico ou o de irrigação.

A gestão integrada das águas supõe a intervenção da União, dos Estados e dos Municípios (e até de outros países) de forma que não fique em mãos únicas a decisão ou a rejeição de implantar um projeto ou impor uma sanção. Apesar da formação de consórcios intermunicipais e até internacionais em algumas bacias brasileiras, não se caminhou no plano legal para regular essa inadiável cooperação dos que estão a jusante (sentido do curso fluvial) ou, a montante (sentido oposto) das águas de uma bacia hidrográfica.

REGULAMENTAÇÃO DO USO MÚLTIPLO DAS ÁGUAS

O uso múltiplo das águas vem sendo tratado há um tempo razoável. Já o Código das Águas, de 1934, contemplava a questão. A Resolução nº 20/86 do Conama divide as águas em doces, salinas e salobras e prevê nove classes de águas.

Foram definidas cinco classes em relação às águas doces. Segundo os estudiosos Lineu Alonso e Jairo Tardelli Filho, em artigo publicado pela Imprensa Universitária da UFSC, em 1994, "as condições e parâmetros referentes à classe 2 são aquelas que melhor refletem as características da maior parte dos rios brasileiros e melhor se adequam às exigências do tratamento convencional, além de ampliar a utilização do recurso hídrico para outros fins nobres".

Na classe 2, as águas são destinadas: ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contacto primário; à irrigação de hortaliças e plantas frutíferas; à criação natural e/ou intensiva de espécies destinadas à alimentação humana.

Nem sempre se consegue harmonizar esses usos com facilidade. Inclua-se aí também o uso das águas para fins hidrelétricos. Nesse caso, a construção de reservatórios, inegavelmente, faz com

que a fauna aquática sofra profundas alterações, notadamente na migração dos peixes, conforme se pode constatar em artigo de José Tundisi (USP/1988).

O Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (Portaria nº 125/84) preconiza que "na elaboração dos estudos e na concepção do Projeto Básico deverá ser considerado que a vazão remanescente no curso d'água, a jusante do barramento, não poderá ser inferior a 80% da vazão mínima mensal, caracterizada com base na série histórica de vazões naturais com extensão de pelo menos 10 anos. Os casos em que houver impossibilidade de aplicação do critério acima especificado e os de reservatório em cascata serão examinados pelo DNAEE".

O uso das águas poderá, eventualmente, entrar em conflito com valores e/ou áreas protegidas. Há impedimento constitucional de inundar os *quilombos*, tombados pela Constituição Federal (art. 216, § 5). Quanto às terras tradicionalmente ocupadas pelos índios, o aproveitamento de seus recursos hídricos, incluídos os potenciais energéticos, só pode ser efetivado com autorização do Congresso Nacional, depois de ouvidas as Comunidades afetadas (art. 231, § 3. da mencionada Constituição).

Caso o uso das águas preveja a alteração ou a supressão de espaços territoriais especialmente protegidos – como parques, reservas e áreas de proteção ambiental – há necessidade de prévia autorização do Congresso Nacional, através de lei, conforme o art. 225, § 1, III, da Constituição Federal.

Algumas legislações, com muita acuidade, ordenam que a captação de águas deverá ser feita a jusante do ponto de seus despejos, após o cone máximo de dispersão (Constituição do Estado de Pernambuco – art. 212). Outras regras foram, também, estabelecidas pelas Constituições Estaduais, principalmente, no sentido de proibir o lançamento de efluentes e esgotos urbanos e

industriais nos corpos d'água, sem prévio tratamento (São Paulo – art. 208 c.c. art. 43 DCT e Espírito Santo – art. 193, III); impedir o lançamento de caldas e vinhotos nos cursos d'água (Pernambuco, art. 210, II e Rio de Janeiro, art. 258, VII).

Essas normas claras e individuais retiram a possibilidade de os Poderes Executivos – federal, estadual e municipal – serem arbitrários no controle da poluição hídrica. Essas obrigações de fazer ou de não fazer podem ser invocadas perante o Poder Judiciário para a defesa da saúde (higidez) do corpo hídrico.

O saneamento básico deveria ser apontado como uma prioridade nas despesas públicas. Merece uma nova redação o art. 167, IV, da Constituição Federal para que, à semelhança do que acontece com a Educação (art. 212), seja previsto um percentual da receita a ser aplicado obrigatoriamente, principalmente pelas prefeituras municipais, nas obras de tratamento dos efluentes e dos esgotos urbanos. Atualmente, onde a legislação não estabelece com clareza a obrigação do tratamento prévio do efluente e/ou do esgoto, a Administração Pública deixa de fazê-lo, alegando outras necessidades públicas.

AGROTÓXICOS , DESMATAMENTO, EXPLORAÇÃO MINERAL

O uso indevido de agrotóxicos, o desmatamento das margens dos cursos d'água e a exploração mineral inadequada estão degradando a qualidade dos recursos hídricos.

Os agrotóxicos estão sujeitos a uma legislação bem estruturada, mas que encontra resistência para ser implementada. A Lei nº 7.802/85 estabeleceu, entre outros pontos, um sistema de registro federal de agrotóxicos. Também o comércio desses produtos e seus componentes passou a depender de receita.

Conhecer e examinar o local onde

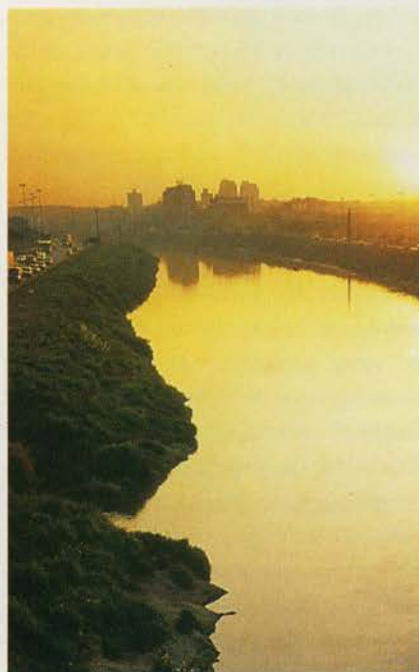
será aplicado um agrotóxico é obrigação de quem emite a receita – seja engenheiro agrônomo ou engenheiro florestal. O agrotóxico, porém, não pode ser receitado, nem utilizado, se houver perigo de infiltração do produto nos aquíferos ou ainda risco de ser levado pelas chuvas aos corpos d'água. A omissão do profissional responsável e do prestador de serviço na promoção das medidas necessárias à proteção da saúde e ao meio ambiente se traduz em penalidade ao infrator de reclusão de dois a quatro anos, além de multa. Se o crime for apenas culposo – quer dizer, sem propósito de malefício – a pena de reclusão varia de um a três anos, e mais a multa.

De outro lado, quem provocar, pelo uso direto ou indireto de agrotóxicos ou de qualquer outra substância química, a morte de espécimes da fauna ictiológica (qualquer tipo de peixe) existente em rios, lagos, açudes, baías ou mar territorial brasileiro fica sujeito a pena de dois a cinco anos de reclusão (art. 27 *caput* e seu § 2 – Lei nº 5.197/67 com a alteração da Lei nº 7.653/88).

A obstrução de um rio, canal ou estuário, feita por areia ou qualquer outro sedimento, ou seja o assoreamento dos corpos d'água, tem origem, em grande parte, no desmatamento das faixas marginais aos rios, represas e lagos. O desflorestamento também prejudica mananciais e deixa sem alimento a fauna aquática. O Código Florestal (Lei nº 4.771/65) em seu artigo 2, define expressamente a metragem das faixas marginais florestadas, conforme a largura do corpo d'água. O art. 26 (alíneas *a*, *b* e *c*) prevê a punição simples de três meses a um ano, além de multa, para quem, entre outros atos, destruir ou danificar a floresta de preservação permanente. Essa punição é insuficiente.

Um outro aspecto a considerar é a exploração mineral inadequada que tem poluído, de forma crescente, os recursos hídricos, seja através do uso de mercúrio,

seja através do desmonte das margens para extração de areias. Conforme apon-tei em livro publicado, este ano, *Direito Ambiental Brasileiro*, “a realização de trabalhos de extração de substâncias minerais, sem a competente permissão, concessão ou licença constitui crime, sujeito a pena de reclusão de três meses a três anos, além de multa (art. 21, *caput* da Lei nº 7.805/89). O início dos traba-



lhos, sem a concordância expressa e formal das autoridades competentes já consuma o crime. Requerer a permissão, a concessão ou a licença, mas começar os trabalhos antes da outorga do ato administrativo, configura crime”.

DIREITO A INFORMAÇÃO E DEVER DE INFORMAR

A ocultação da informação sobre dados relativos ao meio ambiente é um dos fatores que inegavelmente faz crescer a ação poluidora. Nos países que estão levando a sério o controle da poluição, o estabelecimento de um direito à informação ambiental tem sido uma das metas legislativas.

No Brasil, os órgãos públicos de meio ambiente “deverão fornecer os resulta-

dos das análises efetuadas e sua fundamentação, quando solicitados por pessoa legitimamente interessada” (art. 6 § 3 da Lei de Política Nacional do Meio Ambiente). Contudo, mais eficaz para o controle da poluição pela sociedade civil é a prestação de informação ambiental sem que seja necessário que o cidadão a solicite. Por isso, inseriu-se na lei referida que “os pedidos de licenciamento, sua renovação e a respectiva concessão serão publicados no jornal oficial do estado, bem como em um periódico regional ou local de grande circulação” (art. 10 § 1).

Essa obrigatoriedade de publicação das fases da autorização ambiental encontra fortes obstáculos do setor da produção. Após 14 anos da vigência da lei, constata-se que a própria economia liberal passa a exigir formas de auto-controle ambiental na concorrência, inclusive, internacional.

São instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente “a garantia da prestação de informações relativas ao meio ambiente, obrigando-se o Poder Público a produzi-las, quando inexistentes” (art. 9, XI da Lei nº 6.983/81), assim como a elaboração anual do relatório da Qualidade do Meio Ambiente. Esse relatório é de responsabilidade do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e de Recursos Naturais Renováveis (Ibama). É oportuna a utilização da Ação Civil Pública para compelir o Ibama a cumprir sua obrigação legal de fazer a publicação anual, o que não vem ocorrendo.

A Audiência Pública – uma das fases possíveis do Estudo Prévio de Impacto Ambiental (Epia/Rima) – introduzida pela Resolução nº 09/87 do Conama e fortalecida por várias Constituições Estaduais – mostra que os brasileiros estão amadurecidos e aptos a participar da formulação das decisões administrativas em matéria de meio ambiente. A Audiência Pública pode ser solicitada por 50 cidadãos, por qualquer associação ambiental regularmente

instituída, independente de seu tempo de existência ou de sua sede e, ainda, pelo Ministério Público.

Nos estados de Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Pernambuco e São Paulo, a Audiência Pública é obrigatória. Essa audiência é realizada depois que o Relatório de Impacto Ambiental (Rima) é apresentado, com a avaliação, os dados de coletas e as opiniões da equipe multidisciplinar ou da empresa consultora. A audiência destina-se não só ao esclarecimento do público sobre o Epia, mas à formulação de perguntas por qualquer pessoa, associação ou servidor público e a conseqüente resposta às mesmas.

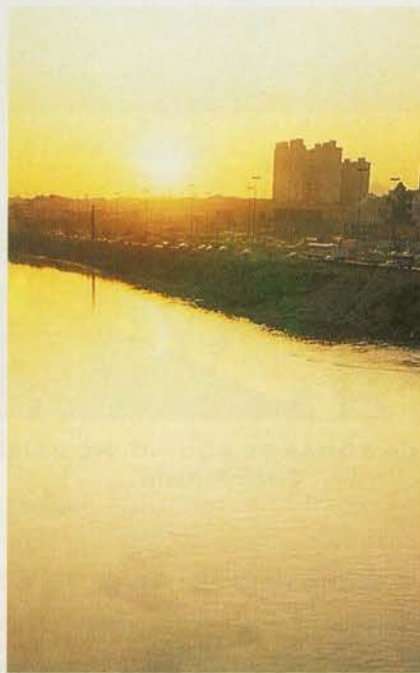
Não há, na ocasião, uma votação aprovando ou rejeitando o projeto em análise, pois essa decisão cabe, na maioria dos casos, à Administração Pública. Tudo o que for discutido ou que for anexado como documentação na Audiência Pública deverá ser objeto da fundamentação do ato administrativo que autorizar ou não o projeto. O Poder Judiciário, dessa forma, se for chamado a intervir, terá elementos para controlar os motivos do ato do órgão público, levando em conta as opiniões e os documentos apresentados pela população. De outro lado, a Audiência Pública é um dos elementos formadores da opinião pública numa sadia democracia.

AÇÕES JUDICIAIS EM DEFESA DAS ÁGUAS

A responsabilidade civil por dano ao meio ambiente é de natureza objetiva, conforme a Lei de Política Nacional do Meio Ambiente. Essa foi uma das grandes conquistas jurídicas da Lei nº 6.983/81. Para a apuração da responsabilidade do degradador das águas não se há de provar a sua intenção e/ou sua imprudência, negligência ou imperícia. A alegação de acidente não elimina a responsabilidade do autor da poluição. A responsabilidade civil poderá implicar condenação em dinheiro, ou imposi-

ção de multa para obrigar ao cumprimento da obrigação de fazer e/ou de não fazer.

“As empresas que explorem economicamente águas represadas e as concessionárias de energia elétrica serão responsáveis pelas alterações ambientais por elas provocadas e obrigadas à recuperação do meio ambiente, na área de suas respectivas bacias hidrográficas”



(art. 23 da Lei nº 8.171/91 – Lei de Política Agrícola). Nesse caso, a responsabilidade objetiva se aplica, inclusive, com a finalidade de recuperar o meio ambiente. No caso da exploração mineral, a própria Constituição Federal (art. 225, § 2) previu a necessidade dessa recuperação.

Outro instrumento judicial à disposição é a Ação Popular que pode ser utilizada por qualquer cidadão para anular um ato lesivo ao meio ambiente. Assim, qualquer pessoa, desde que esteja no gozo de seus direitos políticos, poderá agir isoladamente ou em grupo para a proteção das águas. Uma ação desse tipo poderia, por exemplo, ser empregada na tentativa de anular-se a concessão de uma hidrelétrica, cujo li-

cenciamento tenha sido feito sem Estudo Prévio de Impacto Ambiental, ou ainda, no caso em que as normas de emissão não tenham sido observadas no licenciamento ambiental.

A Ação Civil Pública visa a obtenção de uma condenação em dinheiro ou imposição de uma multa no caso da obrigação de fazer e/ou não fazer. A Lei nº 7.347/85 ampliou as bases dessa ação, já embutida na Lei nº 6.938/81. Essa ação judicial não pode ser empregada pelo cidadão isoladamente, mas apenas pelos cidadãos e/ou pessoas organizadas em associações ambientais.

No caso de condenação em dinheiro, o montante a ser pago pelo poluidor irá para um Fundo, federal ou estadual, conforme a ação judicial tramite perante a Justiça Federal ou Estadual. O dinheiro arrecadado será aplicado na reconstituição do meio ambiente agredido. Uma das primeiras decisões judiciais, nesse sentido, ocorreu na Comarca de Novo Horizonte, SP: o objeto da condenação, em 1987, foi uma destilaria que havia lançado vinhoto num curso d'água, ocasionando a morte de peixes.

O Ministério Público Federal ou dos Estados tem o dever constitucional de defender o meio ambiente, através do Inquérito Civil e da Ação Civil Pública. Essa instituição não pode transigir na defesa dos recursos hídricos, pois essas constituem direitos indisponíveis de *uso comum do povo*.

Carecemos, portanto, no Brasil de algumas transformações da estrutura legal em matéria hídrica. Contudo, os instrumentos jurídicos existentes são suficientes para que sejam cobrados, tanto dos Poderes Executivos quanto das empresas, a conservação e a recuperação dos recursos hídricos. Essa cobrança não deve ser ato de imediatismo sensacionalista, mas de ação consciente, decidida e contínua de cada cidadão, isoladamente, ou participando de associações, que defendam esses interesses difusos e coletivos.

Administração Conceição Andrade

SÃO LUÍS DE CARA NOVA

São Luís do Maranhão, capital de um dos estados mais pobres do Nordeste, tem sofrido mudanças significativas nas áreas de saúde, educação, infraestrutura urbana, transporte, urbanismo e abastecimento. As ações implementadas nos primeiros dois anos da administração Conceição Andrade traduzem a melhoria da qualidade de vida da população ludovicense, que reconhece o êxito do atual governo municipal.

Restauração e arborização de áreas verdes; aumento da capacidade de atendimento na rede hospitalar municipal; maior oferta de vagas e ensino de melhor qualidade no sistema educacional; projetos sociais que buscam resgatar a cidadania de pessoas excluídas da sociedade. As ações, embora bastante diversificadas, identificam uma política uniforme, mais voltada para a concretização de obras e serviços estritamente necessários.

Na capital maranhense, onde o baixo nível de emprego e de salários, e a precariedade dos serviços de saneamento básico ameaçam a vida da população, a administração municipal priorizou a política de apoio à pequena produção de hortifrutigranjeiros no interior da ilha e as obras de sanea-



PRAÇA TOMÁS DE AQUINO, NO BAIRRO COHAB-ANIL.

mento e infra-estrutura que atinjam todas as áreas da cidade, do centro histórico à periferia.

No apoio à produção agrícola, a Prefeitura Municipal presta assistência a 22 pólos de produção, através de ações básicas que garantem água, eletrificação, estradas vicinais para escoamento da produção, apoio no transporte de produtos agrícolas para feiras livres e na comercialização e financiamento da produção. Até

o ano de 95, a meta é atingir 36 pólos de produção, envolvendo agricultura, pequena pecuária, extrativismo, pesca e apicultura.

Com apoio para plantar, colher, transportar e comercializar frutas, verduras e legumes, o pequeno produtor vende diretamente para o consumidor final, com preços

até 30% menores que os praticados nos mercados tradicionais e supermercados de São Luís. Os resultados desse trabalho podem ser melhor avaliados na Feira Noturna da Praia Grande – instalada no centro histórico da cidade – que recebe cerca de 30 mil consumidores, todas as quintas-feiras. Ali, normalmente são comercializadas 15 toneladas de frutas, verduras, legumes, peixe e grãos, em cada noite.

O PRIMEIRO TERMINAL INTEGRARÁ 67% DO SISTEMA DE TRANSPORTE.



Na área de infra-estrutura urbana, são mais de 300 frentes de trabalho mantidas pela Prefeitura, através da Secretaria Municipal de Infra-Estrutura. As obras incluem, entre outros, serviços de drenagem superficial e profunda, terraplenagem, calçamento, asfaltamento, recuperação da malha viária já existente, construção de sarjetas e meios-fios, perfuração de poços artesianos em localidade não atingidas pela rede de abastecimento, limpeza e recuperação de galerias.

A areia asfáltica consumida nesses trabalhos é produzida em usina na própria Prefeitura, reinaugurada pela prefeita Conceição Andrade em 1994. Ali já foram produzidas 18 mil toneladas de asfalto, o equivalente a 30 km de extensão, aplicadas no trabalho de asfaltamento. Aliado à drenagem, esse serviço tem mudado a qualidade de vida dos moradores de inúmeros bairros da periferia de São Luís, onde predominam as áreas palafitadas.

Mas, como nem só de obras de infra-estrutura precisa uma cidade, o governo municipal está preocupado em transformar São Luís numa cidade mais verde e, conseqüentemente, mais bonita. Com esse objetivo, foram firmados convênios de cooperação entre a Secretaria Municipal de Terras, Habitação e Urbanismo e diversas empresas privadas e entidades comunitárias. A Prefeitura

assume o trabalho de aquisição e plantio das mudas e os conveniados se encarregam da manutenção e conservação das áreas arborizadas. Em contrapartida, as empresas ganham o direito de utilizar esses espaços para divulgar seus produtos e/ou serviços.

O "Verde é Vida", como é denominado este programa, plantou mais de 60 mil mudas em 94 e já iniciou o plantio de novas, este ano.

Em São Luís, a saúde pública também sofreu melhorias significativas. Nos últimos dois anos, apesar das dificuldades de recursos financeiros, o governo municipal desenvolveu diversos programas do maior alcance social e, promoveu

melhorias na rede hospitalar e de serviços, como o reaperfeiçoamento do único hospital de emergência da capital e a criação do Centro de Orientação Anônima (COA) para doenças sexualmente transmissíveis.

O programa "Leite é Saúde" é destinado a crianças desnutridas, na faixa etária de seis a 49 meses, bem como a gestantes, na mesma situação, a partir do primeiro mês de gravidez. No período de abril do ano passado a março deste ano 165 mil litros de leite haviam sido distribuídos. O "São Luís Urgente" é destinado a atender casos de emergência, sobretudo a faixa da população que não dispõe de recursos para acionar um táxi quando precisa de atendimento médico. São 10 ambulâncias que ficam à disposição dos eventuais pacientes e que podem ser chamadas pelo telefone 192. Durante o ano de 94 foram atendidas 32.165 chamadas. O programa "Farmácia Básica", realizado

em parceria com o Laboratório de Tecnologia Farmacêutica da Universidade Federal do Maranhão, atende com medicamentos essenciais pessoas carentes que, após consultadas, não têm condições de adquirir os remédios. Lançado em abril de 94, até fevereiro deste ano já havia distribuído 51.640 medicamentos a 27.898 pessoas.

Embora fortaleça a assistência curativa, o poder municipal prioriza a prevenção.

Por esse motivo, são desenvolvidas campanhas de prevenção de doenças, permanentes ou emergenciais, e busca atender necessidades básicas da população.

Ainda com a perspectiva de melhorar a qualidade de vida da população ludovicense, será implantada em São Luís, no próximo semestre, o Sistema Integrado de Transporte Coletivo, que possibilitará a adoção da tarifa única, proporcionando mais economia aos usuários e maior agilidade nos serviços de transporte. Para tanto, já foram tomadas medidas necessárias ao descongestionamento das ruas do centro histórico e iniciada a construção do primeiro Terminal de Integração do Transporte Coletivo



PESAGEM DO LIXO NO ATERRO SANITÁRIO DA RIBEIRA.

de São Luís, na Praia Grande. Quando concluído, vão passar pelo terminal 350 mil passageiros/dia, absorvendo 63% das linhas.

Garantir a cidadania de crianças e adolescentes que se encontram excluídos do convívio social ou são desprezados pelo poder público tem sido uma das metas da administração Conceição Andrade. É essa a finalidade maior dos projetos desenvolvidos pela Fundação Criança Cidadão, com a Casa-Lar e os programas "Tor-

nando-se Cidadão" – que garante a expedição gratuita de certidões de nascimento a pessoas carentes – e "A Praça de Todos", que envolve crianças e adolescentes na preservação do verde em logradouros públicos, com a



HOSPITAL DA CRIANÇA ODORICO AMARAL DE MATOS, QUE DISPÕE DO ÚNICO LABORATÓRIO DE ALTA RESOLUTIVIDADE.

contrapartida de receberem uma ajuda financeira equivalente a 70% do salário mínimo.

Em todas as áreas, as ações buscaram o resgate da cidadania e a melhoria da qualidade de vida dos cidadãos. Em dois anos, os avanços conquistados têm uma avaliação bastante positiva manifestada pela própria população de São Luís. Aliado à sua beleza arquitetônica e ao privilégio de poder oferecer aos seus visitantes o encanto de suas

praias, a capital maranhense comemora a vantagem de contar com uma administração voltada para o desenvolvimento integrado, que dará continuidade às políticas já desencadeadas, nos próximos dois anos.

Aterro Sanitário da Ribeira

UM DOS MAIS MODERNOS DO BRASIL

Concebido como uma obra de engenharia que realça a proteção ambiental e a saúde pública, o aterro sanitário é a melhor e talvez a única forma segura de disposição final dos resíduos sólidos. O da Ribeira – localizado a 20 km do centro urbano de São Luís – ocupa uma área de 60 ha que preenche todos os requisitos necessários à sua implantação, além de considerar uma série de fatores ambientais, técnicos, legais e econômico-financeiros.

Inaugurado em março deste ano, o Aterro Sanitário da Ribeira tem capacidade para receber 1 milhão e 500 mil toneladas de lixo, o que corresponde ao volume produzido e coletado em São Luís em um período de 25 anos. A obra

irá, portanto, garantir tratamento adequado a todo o lixo – domiciliar, hospitalar e industrial leve – produzido pela população da capital maranhense até o ano 2020.

A construção da obra foi possível graças a parceria entre a Prefeitura de São Luís e a Companhia Vale do Rio Doce (CVRD), que investiu 500 mil dólares no projeto, execução e acompanhamento técnico da obra. A operação do aterro, em caráter experimental, teve início em fevereiro de 95, e a quantidade de lixo recebida e aterrada está sendo gradativamente ampliada para que atinja plena carga em julho deste ano.

Para que o Aterro Sanitário atendesse às necessidades

de São Luís – hoje com cerca de 800 mil habitantes – foi feito um amplo levantamento de áreas que comprovassem vocação, preenchendo os requisitos impostos para localizar um aterro sanitário. Não foi difícil a opção pela Ribeira, pelo seu isolamento em relação às áreas habitadas da cidade e considerando que em São Luís são inúmeras as áreas de proteção e sob as quais pesam restrições legais de uso.

“A princípio, o aterro sanitário é um empreendimento altamente impactante ao meio ambiente, por encerrar efeitos negativos e incômodos, como mau-cheiro e visual desagradáveis à vizinhança, ainda que a poluição das águas, do solo e da atmosfera possam ficar sob controle”, declara o engenheiro Pedro Aurélio Carneiro, que, em parceria com o engenheiro Pedro Stech, elaborou o projeto da obra da Ribeira. Ele explica que a localização do aterro é importante para que cause o mínimo de interferências nos recursos naturais potencialmente utilizados pela população.

Por outro lado, os benefícios trazidos ao meio ambiente e à saúde pública são inúmeros. No caso de São Luís, o maior deles é a possibilidade de desativação do Lixão do Jaracati – uma

área de cinco hectares localizada no centro da cidade, que teve sua capacidade física esgotada depois de receber todo o lixo produzido e coletado em São Luís durante 14 anos. Depois de um trabalho de desratização, a Prefeitura pretende transformar aquela área em um parque ambiental, cuja obra de engenharia sanitária incluirá a colocação de drenos para expelir gases e o chorume (líquido produzido pela decomposição do lixo orgânico).

Pedro Aurélio também cita, entre os benefícios trazidos pelo aterro, a preservação da qualidade ambiental da área, devido aos dispositivos de espalhamento, compactação e recobrimento do lixo; impermeabilização do fundo da área de disposição dos resíduos sólidos; coleta e tratamento

dos líquidos percolados (chorume); coleta e queima dos gases produzidos na decomposição da matéria orgânica contida no lixo.

Para complementar o funcionamento do Aterro, a Prefeitura de São Luís, através da Companhia de Limpeza e Serviços Urbanos (Coliseu) está prestes a implantar ali um incinerador de lixo hospitalar, adquirido através de convênio com o Ministério da Saúde. Com ele, a Companhia quer implementar os contratos de prestação de serviços mantidos com 70 unidades hospitalares da capital e estendê-los, também, aos laboratórios de análises clínicas e farmácias que dispõem de serviço de aplicação de injeções.

Mas, como forma de tornar definitiva a melhoria da

saúde pública e da qualidade ambiental da capital São Luís, o diretor presidente da Coliseu, Jerônimo Facure, defende a implantação de um programa de educação ambiental amplo. Dessa forma, ele acredita que seria possível elevar o nível de consciência ambiental da população ludovicense, conciliando as etapas de separação e tratamento do lixo. Para ele, faz-se necessário que a população adote o hábito de separar o lixo com destino à reciclagem, considerando que 40%



**LAGOAS DE TRATAMENTO DO ATERRO
SANITÁRIO DA RIBEIRA.**

do lixo produzido nos domicílios é reciclável (plásticos, metais, papéis etc.) e 60% é de resíduos orgânicos (restos de alimentos, folhas secas), que podem ser transformados em adubo.

A exemplo do que ocorre em cidades como São Paulo, Rio de Janeiro, Porto Alegre e Curitiba, a coleta seletiva do lixo já é determinada por lei em São Luís. A legislação prevê a separação prévia do lixo nas escolas públicas, hospitais, restaurantes, supermercados, praias, grandes lojas, feiras, mercados e outros logradouros públicos. Para efetivá-la, há a necessidade de implantação de cinco Usinas Simplificadas para Tratamento do Lixo, um projeto que, para ser implantado, aguarda financiamento do Ministério da Saúde.

Um patrimônio natural ameaçado

Poluição, invasões e turismo sem controle ameaçam lagoas fluminenses

As lagoas constituem 15% da zona costeira do mundo e estão entre os ecossistemas mais produtivos da biosfera. Porém seu equilíbrio pode ser facilmente perturbado e de forma irreversível, acarretando graves problemas socioeconômicos. O litoral brasileiro é privilegiado pela presença de muitas e importantes lagoas, como a dos Patos (RS), a maior do mundo. O Rio de Janeiro é o segundo estado mais dotado de lagoas costeiras. Mais de 50 ficam entre a Ilha Grande e a Baixada Campista. Suas bacias hidrográficas estendem-se por encostas rochosas revestidas por florestas da Mata Atlântica associadas a baixadas, onde se intensifica a expansão urbana.

Um dos principais indicadores biológicos da qualidade ambiental de uma lagoa é a abundância e diversidade de peixes, que contribuem para regular o seu metabolismo. As lagoas fluminenses têm grande potencial de recursos naturais, diretamente relacionados à importância regional da pesca. Na tabela pode-se observar a ocorrência de peixes nas principais lagoas da região. Pode-se perceber também que os impactos sobre os recursos pesqueiros em geral se associam à degradação ambiental.

Sistema lagunar da Barra da Tijuca



No sistema lagunar da Barra da Tijuca, o forte contraste socioeconômico dos condomínios e favelas.



A lagoa de Marapendi, situada entre cordões de restinga, é de grande importância para as aves migratórias.

Na planície costeira de Jacarepaguá, área de expansão urbana da cidade do Rio de Janeiro, estão as lagoas de Jacarepaguá, Camorim, Tijuca, limitadas pela restinga interna, e a de Marapendi, entre cordões arenosos. Alguns rios desembocam no sistema, que tem cerca de 10 ilhas habitadas. É uma região de contrastes socioeconômicos extremos, onde a riqueza dos condomínios convive com a miséria.

A necessidade de mão-de-obra para o rápido crescimento da Barra da Tijuca contribuiu para a favelização da área. Resíduos domésticos e industriais, contendo metais pesados, são lançados nas bacias que alimentam a lagoa. Nas margens há pontos de despejo de esgotos provenientes dos grandes condomínios da Barra da Tijuca e de Jacarepaguá. O assoreamento e os aterros diminuíram os manguezais, criadouro natural de diversas espécies de peixes, siris e caranguejos. Garças, socós e biguás, que ainda povoam os resquícios de mangues, dividem o espaço com urubus. Hoje, a pesca ali é uma atividade marginal, atraindo poucos pescadores profissionais.

Marapendi é rasa e, por isso, frágil e suscetível a desaparecer. Nela são lançadas constantemente águas escura-

cidas por esgotos domésticos; entretanto, como o mar entra pela restinga, sua água acaba sendo melhor que a do resto do sistema. A oeste fica a Lagoinha, a última do conjunto. Seu espelho d'água sofreu grande redução, mas ela deve ser preservada por sua importância como lugar de pouso de aves migratórias.

Lagoa Rodrigo de Freitas



Na lagoa Rodrigo de Freitas (zona sul da cidade do Rio de Janeiro), sobrevive uma bucólica colônia de pescadores.

Isolada do mar pelas praias de Ipanema e Leblon, no Rio de Janeiro, essa lagoa tem 2,5 km², e é bem mais profunda que as outras da região, com 4 m, em média, de profundidade. Recebe três rios dos contrafortes do Corcovado e canais artificiais ligam-na ao Oceano. Seu regime e equilíbrio biológico são controlados no canal do Jardim de Alah, que regula as trocas com o mar. Na sua orla, cercada por edifícios, circulam milhares de veículos.

A contaminação da água por alto índice de coliformes fecais reduz a produtividade da pesca, praticada por uma colônia de 15 pescadores profissionais que utilizam redes de espera de 30 a 40 mm de malha, além da tarrafa. Mas ainda sobrevive na lagoa uma fauna aquática variada, que inclui diversas espécies de peixes e crustáceos de im-

E B O M S A B E R

NOME VULGAR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
TAINHA	2	0	2	3	3	2	1	1	2	3	3	—	—
TAINHOTA (SAÚBA)	3	0	3	3	3	3	3	2	2	2	3	—	—
PARATI	3	0	3	3	3	2	3	2	3	1	—	—	—
CARAPEBA	2	—	2	3	3	2	1	3	1	2	2	—	—
XERELETE	—	—	—	1	—	1	—	—	—	—	2	—	—
LINGUADO	1	0	0	1	1	2	—	—	0	1	—	—	—
CORVINA	1	0	0	2	1	2	—	1	1	—	—	—	—
ROBALO	2	0	1	3	1	2	1	2	1	1	2	—	—
COCOROCA	2	—	—	1	—	1	—	—	—	2	—	—	—
CARAPICU	2	—	1	3	3	2	1	3	1	3	—	—	—
SARDINHA	—	—	—	3	—	2	—	—	0	1	—	—	—
SAVELHA	1	1	3	3	1	3	3	2	2	2	3	—	—
GALO	1	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—
UBARANA	1	0	2	3	3	2	2	2	1	1	—	—	—
MANJUBA	1	0	0	1	—	1	—	—	—	2	—	—	—
PEIXE-REI	1	0	3	3	—	—	3	2	0	2	—	—	—
CORVINA-DE-ÁGUA-DOCE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	0	1
TILÁPIÁ	—	3	2	—	1	—	1	—	0	—	3	3	3
PIAU	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	0	1
PIABA	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	3	3
PIABANHA													
BAGRE	1	0	1	3	3	1	3	2	2	—	—	—	1
SAIRU	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	3	3
TRAÍRA	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	3	3	3
CAXIMBAU (CASCUDO)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	0	3
CUMATÃ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	0	1
AÇARÁ	—	3	1	3	3	—	3	1	1	—	3	3	2
BARRIGUDINHO	3	3	1	3	3	1	2	2	1	3	3	3	—
CAMARÃO ROSA	1	0	1	—	—	3	—	—	—	1	—	—	—
CAMARÃO VERDADEIRO	1	0	1	3	3	2	1	0	0	1	—	—	—
CARANGUEJO	—	—	—	3	2	2	—	—	0	—	—	—	—
CARANGUEJO DE MANGUE	1	1	1	—	2	2	—	—	1	—	—	—	—
SIRI (AZULÃO/PUABA)	2	0	2	3	3	—	3	—	0	—	—	—	—
LAGOSTA-DE-ÁGUA-DOCE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	3
SAMANGUAÍÁ	1	—	—	1	—	—	—	—	1	—	—	—	—
OSTRA	1	—	—	0	—	1	—	—	0	—	—	—	—

1• LAGOA DA TIJUCA; 2• LAGOAS DE JACAREPAGUÁ E CAMORIM; 3• LAGOA DE MARAPENDI; 4• LAGOA RODRIGO DE FREITAS; 5• LAGOA DE PIRATININGA; 6• LAGOA DE ITAIPU; 7• LAGOA DE MARICÁ; 8• LAGOA DE GUARAPINA; 9• LAGOA DE SAQUAREMA; 10• LAGOA DE ARARUAMA; 11• LAGOA FEIA; 12• LAGOA DE CIMA; 13• LAGOA DO CAMPELO.

Ocorrência de pescado em 1994/1995.

portância comercial. O produto da pesca é vendido no Rio de Janeiro e em Niterói.

Sistema lagunar de Piratininga-Itaipu



O canal artificial aberto para o mar provocou drásticas modificações ambientais no sistema lagunar de Piratininga-Itaipu.

Estas lagoas são as primeiras de uma série de 15 encontradas a partir da baía de Guanabara, na direção norte, entre Niterói e Cabo Frio. A de Piratininga tem 3 km², profundidade média de 0,6 m e três ilhas. A de Itaipu, com 1 km², tem profundidade média de 1,0 m e, associado a ela, um alagado de mais de 2 km². Nos anos 40, a construção do canal de Camboatá promoveu uma ligação artificial entre as duas, sem provocar significativas alterações ambientais no sistema, de modo que as aberturas periódicas de barra continuam a se alternar entre elas.

A partir da década de 70, a construção da ponte Rio-Niterói acelerou a urbanização da área. A abertura de um canal para o mar na lagoa de Itaipu causou alterações drásticas ao sistema lagunar, que deixou de acumular o volume d'água necessário para a abertura de barra em Piratininga. Esta lagoa perdeu grande parte do espelho d'água e teve as margens invadidas por favelas e loteamentos. O despejo de esgotos domésticos torna-a a lagoa em estado mais calamitoso de todo o litoral fluminense. Além disso, o grande movimento de *jet-skis* em Itaipu vem espantando os peixes.

A renovação das águas em Itaipu é fortemente controlada pelas marés, en-

quanto Piratininga depende da entrada de água doce e das chuvas. Embora Itaipu também receba alta carga de esgotos sem tratamento, suas águas se renovam mais depressa. Piratininga, ao contrário, caracteriza-se pela presença de densos bancos de macroalgas, que chegam a ocupar 60% de sua área. Sob a forma de biomassa, elas formam um verdadeiro estoque de nutrientes originados de esgotos domésticos. A redução da profundidade acabou com a pesca embarcada: ali só se pesca nas margens.

A lagoa de Itaipu funciona como entrada e saída de peixes marinhos e sua profundidade permite a presença de espécies maiores. A de Piratininga funciona como criadouro, em virtude das algas que crescem no fundo, mas hoje os peixes não conseguem atingir grandes tamanhos ali. O robalo, por exemplo, que era capturado com 3-4 kg, agora não passa de 1 kg. A corvina chega a entrar na lagoa de Piratininga, mas a poluição faz com que ela saia na maré seguinte. A tainha é um dos únicos peixes que permanecem no sistema lagunar.

Sistema lagunar Maricá-Guarapina



O assoreamento do canal de Ponta Negra dificulta a renovação de águas no sistema lagunar de Maricá-Guarapina.

Formado por quatro lagoas (Maricá, Barra, Padre e Guarapina) e canais interligados, o sistema abrange 34 km². Suas margens internas revelam o antigo litoral recortado, com promontórios de rochas cristalinas e falésias vermelhas. A margem externa foi retificada

por cordões de restinga.

Antigamente, as aberturas de barra para o mar, na lagoa da Barra, eram promovidas com ajuda dos pescadores quando ela atingia seu nível máximo. Eles se reuniam em grupos de mais de 500 homens para remover a areia durante a noite inteira. Hoje há seis núcleos de pescadores ao longo das lagoas, mas a tradição foi abandonada.

A abertura do canal de Ponta Negra, em 1951, reduziu o espelho d'água da lagoa de Maricá. A pesca – que atingia 10 t diárias de peixes e camarões no regime antigo – sofreu dramática redução. Outro fator foi a degradação da qualidade da água. Admite-se que as mortandades de peixes em Maricá e Barra sejam causadas por uma toxina produzida pelo fitoplâncton.

Lagoa de Saquarema



A lagoa de Saquarema, antes do fechamento do canal de comunicação com o mar.

A lagoa de Saquarema, que abrange 23 km² e compõe-se de quatro lagoas unidas entre si (Urussanga, Jardim, Boqueirão e de Fora), sempre se distinguiu das demais da região pela fauna aquática, variada e rica, que permitiu o desenvolvimento de uma pesca intensiva com rede de espera, tarrafa e também com o gancho, um artefato de pesca fixo ao fundo, construído com estacas e panos de rede.

Entretanto, com o surgimento de propriedades rurais e núcleos urbanos, cujos efluentes deterioraram a qualidade da água, hoje de coloração muito escura, e com o fechamento do canal, que impede

a entrada de organismos marinhos, os peixes diminuíram e a pesca entrou em colapso. O arrastão praticado pelos turistas, ao capturar os organismos jovens, contribuiu para a diminuição dos estoques pesqueiros. Mortandades de peixes ocorrem após as enxurradas, pois os rios carregam lixo, esgoto e lama, diminuindo a oxigenação da água.

A partir da implantação do programa contra a malária, na década de 40, a lagoa de Urussanga, originalmente ligada a um brejo de área equivalente à sua, sofreu drenagens e aterros que levaram à extinção de espécies. As lagoas do Boqueirão e Jardim eram ocupadas por densa vegetação aquática, que dificultava até mesmo a passagem de canoas. Com o aumento excessivo de nutrientes, causado pelos dejetos orgânicos, proliferaram bancos de algas marinhas flutuantes. Isso acabou com as macrófitas de fundo, que serviam de criadouro. A lagoa de Fora, mais salina devido à sua ligação direta com o mar, era a única no estado com ilhotas com bancos de ostras, hoje extintos.

Lagoa de Araruama



Na lagoa de Araruama, o contraste entre as casas de veranistas, os ganchos de pesca e a atividade salineira.

Lagoa hipersalina de grande dimensão – 220 km² –, destaca-se por uma conjunção de fatores ambientais. Situa-se numa área em que a Serra do Mar se afasta da costa; ventos fortes sopram principalmente da direção Nordeste e o clima é quase semi-árido, com a evaporação superando a precipitação. De todas as lagoas fluminenses, só ela se liga ao mar

de modo natural e permanente. Além disso, as bacias hidrográficas que a alimentam são insignificantes em relação ao seu grande volume d'água.

Na região Sudeste, é a única lagoa da qual se extrai sal. Entretanto o despejo de dejetos domésticos, consequência do crescimento urbano e turístico, está diminuindo a salinidade da água. Seu fundo é um grande depósito de conchas calcárias, exploradas industrialmente para produção de barrilha desde a década de 60. O canal de Itajuru, verdadeiro cordão umbilical da lagoa, tem grande importância biológica, como entrada das formas jovens de camarões e peixes. A redução da sua largura com a construção de bairros e estaleiros, bem como o assoreamento causado pela instalação de *decks* e portos, prejudicaram a renovação das águas.

A pesca foi responsável pelo crescimento de núcleos populacionais na região, onde é praticada desde tempos pré-históricos, como prova um sambaqui existente junto à desembocadura no canal. Hoje é fraca ao longo da lagoa, concentrando-se nos sacos mais próximos do oceano. E é essa área que recebe maior quantidade de esgotos sanitários, resíduos de entrepostos, óleo de embarcações, além de ser excessivamente explorada pelos pescadores de fins de semana. O potencial pesqueiro diminuiu não só devido ao avanço das técnicas – que permitem capturar muito mais peixes de cada vez – como também pelo número de pescadores não-credenciados. Com a mão-de-obra que afluiu para a região, desenvolveu-se uma pesca sem tradição cultural e sem orientação.

Ainda se pesca a tainha na entrada do canal, mas os cardumes são capturados no período da desova, quando se dirigem para o mar, nas marés altas de abril. As tainhas são capturadas também, ainda pequenas, quando entram na lagoa para a engorda. As capturas são feitas com redes de 30 mm e ganchos, cujo aumento excessivo vem prejudicando a entrada

de organismos marinhos e a pesca artesanal não-predatória.

O camarão entra na lagoa sob a forma de pós-larvas, utilizando as correntes de maré enchente noturna, e sempre foi o alvo principal da pesca, por seu valor econômico. A enorme quantidade de ganchos e redes obstrui a passagem destes crustáceos quando tentam entrar pelo canal para a engorda, e impede que atinjam outras partes da lagoa. Hoje, a captura do camarão não passa de 10 kg em 15 dias no inverno. Há 20 anos chegava a 100 kg na mesma época.

Região Norte Fluminense

A Baixada dos Goytacazes, na região Norte fluminense, originou-se da ação fluvial e marinha combinadas. A partir da praia, as restingas se sucedem até atingir terrenos de aluvião. Ali se encontram a planície dos canaviais, os tabuleiros terciários e as encostas resultantes da alteração das rochas, com vegetação remanescente da Mata Atlântica, além de diversas lagoas de águas limpas, que já sofrem os efeitos da urbanização.

A modernização da pecuária e da agroindústria do açúcar e do álcool, somada à exploração madeireira e ao crescimento urbano, provocou sério desequilíbrio ambiental e um contraste social marcante entre uma poderosa oligarquia e trabalhadores que são obrigados a abandonar a região ou a se conformar com o desemprego sazonal.

Lagoa Feia



A margem interior da lagoa Feia, com densa vegetação de taboa e aguapé, formando um brejo de mais de 200 m.

A lagoa Feia parece ter-se formado por ação fluvial, quando por ali desembocava o Paraíba do Sul em um grande delta hoje desaparecido. É a maior lagoa de água doce do Brasil, reduto de várias espécies, sobretudo aves. A grande produtividade pesqueira mantém duas comunidades de pescadores em sua orla: Ponta Grossa dos Fidalgos e Quissamã. Nas áreas marginais, densa vegetação de taboa e aguapé forma um brejo de cerca de 200 m de largura. No lado costeiro, ocorre uma vegetação herbácea, constituída por uma ciperácea aquática emergente, que forma populações densas e quase puras.

A lagoa estabiliza o lençol freático na planície e fornece água potável à população rural. Ali também foram feitas sucessivas dragagens, para regularizar cheias e vazantes na Baixada Campista, e o rio Paraíba do Sul foi ligado à lagoa através de oito canais artificiais dotados de comportas. No canal das Flechas, que a comunica com o oceano, uma comporta é mantida fechada, impedindo as migrações de peixes marinhos.

Nos últimos 50 anos, a superfície da lagoa Feia diminuiu 40%, menos pelas dragagens do que pelas invasões de seu leito para construção de diques. O capim plantado nessas áreas vai se entrelaçando com as 'ilhas' de vegetação flutuante e favorecendo o assoreamento. Depois, essas terras tomadas à lagoa são reclamadas por proprietários de terras adjacentes. Com isso, a lagoa foi reduzida de seus originais 370 km² para 170 km², com apenas 1 m de fundo na parte interior e 2,5 m perto da restinga.

No entanto, a pesca pode ser considerada produtiva. A rede de espera com malha 20 é usada para capturar peixes menores (piaba e saíru), usados como iscas vivas na pesca com anzol da espécie de maior valor na região, a traíra. Com redes de malha 30 a 60 pesca-se tainha, corvina, robalo, piabanha, cumatã e piaú, predominando as três últimas espécies, de água doce. As redes são colocadas de manhã cedo e retiradas no dia seguinte. Todo o material de pesca pertence aos

intermediários, que vendem a produção no mercado de Campos dos Goytacazes. Na colônia de Ponta Grossa dos Fidalgos, com cerca de 400 pescadores, a maioria das famílias vive da pesca.

Lagoa do Campelo



Na lagoa do Campelo, uma típica embarcação utilizada para a pesca artesanal no Norte fluminense.

Típica lagoa de restinga, ao norte do rio Paraíba do Sul, tem 9,5 km², mas antigamente era bem maior, pois recebia, através de um canal, águas da chuva, das lagoas circundantes e do rio. Nas épocas de enchente, chegava a 3 ou 4 m de fundo, mas no regime atual não passa de 1,5 m. A perda do espelho d'água eliminou as reentrâncias nas margens e a expansão da vegetação de taboa e aguapé reduziu não só a profundidade, como acabou com as pequenas ilhas que nela existiam.

Essa lagoa sofreu drástica interferência do homem. Nela foi construído um dique-estrada e instalaram-se três comportas automáticas no canal de ligação com o rio, que permitem às águas defluir na estiagem, mas impedem que vertam do rio para a lagoa nas cheias. O canal, dragado há quase 10 anos, está obstruído por enorme quantidade de aguapé. A comporta próxima à usina São João está fechada há três anos. Sua abertura inundaria alguns bairros de Campos dos Goytacazes, localizados abaixo do nível da lagoa. Seu fechamento impede não só a entrada de água, mas também a de peixes e pitus, situação que criou conflitos entre os pescadores – hoje cerca de 100 – e os proprietários de terras. Mesmo em declínio, a pesca tem um papel importan-

te para a sobrevivência da população durante a entressafra da cana-de-açúcar.

Lagoa de Cima



A lagoa de Cima, de admirável beleza, lembra uma paisagem serrana.

Esta lagoa é formada pelo rio Imbé, que nasce na Serra do Mar: o Imbé, e ligada à lagoa Feia pelo rio Ururaí. A bacia formadora começa encachoeirada e atravessa florestas, correndo depois por um leito arenoso e alargando-se em brejos nas proximidades da lagoa. Por ter uma formação geológica mais antiga que as outras da região, apresenta uma fisionomia peculiar, com suas praias arenosas. Nas margens, ainda existem árvores de grande porte, resquícios da antiga floresta ciliar, e a pequena comunidade pesqueira de São Benedito, com pouco mais de 30 pescadores profissionais. Entre outras técnicas, eles usam a batção, isto é, batem com os remos na água e com as próprias mãos na madeira da canoa para cercar os peixes. Nessa lagoa só ocorrem peixes de água doce, alguns de valor protéico e comercial, como o cumatã, a piabanha e o piaú. Também a traíra, que prefere os fundos de lama, é capturada na lagoa. Hoje, com o declínio do turismo no lugar, não mais se observa a pesca predatória com redes de malha fina.

Lisia Vanacôr Barroso

*Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis,
Secretaria Municipal de Urbanismo e Meio Ambiente de Niterói.*

Marcelo Corrêa Bernardes

*Departamento de Geoquímica,
Universidade Federal Fluminense.*

Lagoas Costeiras de Macaé

A Limnologia utilizada como instrumento de preservação dos ecossistemas aquáticos

O aproveitamento racional e a preservação dos recursos de água doce devem ser metas prioritárias para a sociedade moderna, sobretudo quando se considera que representam apenas 3,7% de toda água da Terra. Desse total, somente 0,01% corresponde à água armazenada nos ecossistemas aquáticos continentais como lagos, lagoas e rios, os principais reservatórios de água doce utilizados pelo homem. Diante da perspectiva do contínuo aumento da população humana e, portanto, do aumento quase exponencial da demanda de



A lagoa Imboacica, no município de Macaé, é uma das mais utilizadas pela população como área de lazer. À direita, o grande aterro (20% da área da lagoa) que deu origem ao loteamento Condomínio Mirante da Lagoa.

água doce, associado à crescente degradação dos ecossistemas aquáticos, já se discute a chamada 'crise da água doce'.

A Limnologia (Limné=lago) é a área da Ecologia que estuda os ecossistemas aquáticos continentais e que, nas últimas décadas, apresentou os maiores índices de desenvolvimento em todo o mundo. Isso pode ser atribuído em grande parte aos subsídios por ela gerados para o conhecimento científico, o manejo racional e a preservação desses ecossistemas.

Dados sobre disponibilidade, consumo e nível de degradação (poluição, eutrofização artificial, salinização) da água doce serviram de base para que organizações internacionais como ONU, Unesco e Comunidade Européia identificassem a sua escassez como o principal fator controlador do desenvolvimento social e econômico da humanidade no próximo século. Em muitas regiões

essa situação já ocorre há várias décadas e até mesmo séculos. Pode-se, portanto, deduzir que a qualidade de vida no futuro próximo estará diretamente associada às medidas para a preservação dos recursos de água doce que forem tomadas no presente.

Pesquisas realizadas no Brasil e principalmente no exterior demonstram que os ecossistemas aquáticos continentais podem ser considerados como grandes reservatórios da biodiversidade terrestre. Assim, esses ecossistemas passam a assumir grande importância também como depositários de espécies e de seus respectivos patrimônios genéticos que, sobretudo entre nós, continuam praticamente desconhecidos.

Entre os vários tipos de ecossistemas aquáticos continentais que ocorrem no Brasil, destacam-se as lagoas costeiras, pelo seu número e sua importância ecológica, social e econômica. Elas se

localizam ao longo de toda a costa brasileira, sendo mais numerosas nos estados do Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul.

Uma das principais características dessas lagoas costeiras é a elevada produtividade, que pode ser traduzida na grande produção de biomassa vegetal (plantas aquáticas, micro e macrocópicas) e animal (moluscos, crustáceos e peixes). Admite-se que a alta produtividade das lagoas costeiras teve importante papel no passado para a fixação dos primeiros aglomerados humanos nas suas

proximidades.

Macaé (RJ) é um dos municípios brasileiros que conta com maior número de lagoas costeiras. Do ponto de vista ecológico, essas lagoas diferenciam-se umas das outras de modo acentuado. Assim, podem ser encontradas lagoas costeiras de água doce e fortemente escura (Comprida), lagoas doce e medianamente escura (Cabiúnas) e lagoas de água salobra e clara (Imboacica e Carapebus). Outra característica a ser destacada é que, dentro de uma lagoa costeira, como as de Imboacica e Carapebus, podem ser encontradas zonas com diferentes níveis de salinidade e, conseqüentemente, diferentes comunidades vegetais e animais.

As lagoas costeiras do município proporcionam inúmeros recursos à população de Macaé e da região. Chamam mais a atenção os recursos alimentares, como peixes e camarões. No entanto, esses



As lagoas de Cabiúnas e Comprida ainda preservam suas características ecológicas naturais. A preservação das lagoas costeiras passa pela soma de esforços de vários segmentos da sociedade.

produtos correspondem apenas a uma pequena fração do que esses ecossistemas têm de útil para o homem. Seja por desconhecimento ou falta da tecnologia apropriada, a maior parte da produção das lagoas costeiras ainda não é utilizada pela população do município. Um exemplo são os tubérculos das plantas aquáticas, como *Typha domingensis* (taboa), ricos em amido, encontrados em grande quantidade nas margens das lagoas, que podem ser aproveitados para fazer pães e biscoitos.

A necessidade de preservar a qualidade das lagoas costeiras torna-se ainda mais evidente quando se considera a importância desses ecossistemas para a biodiversidade aquática e como reservatório de água doce. Graças a elas, pode-se considerar que o município de Macaé tem garantido dois dos principais recursos considerados estratégicos para a humanidade no próximo século: elevada biodiversidade e água doce.

Diante da necessidade de manter as características ecológicas originais das lagoas costeiras e visando contribuir para a melhoria da qualidade de vida no município de Macaé, foi estabelecido um convênio entre a Petrobrás e a Universidade Federal do Rio de Janeiro, que possibilitou aos pesquisadores do Laboratório de Limnologia dessa Universida-

de realizar ampla pesquisa em quatro das principais lagoas costeiras do município. Um dos objetivos principais do convênio é a realização de pesquisas que conduzam a propostas para reduzir o impacto antrópico a que as lagoas costeiras do município estão submetidas, e preservar as que ainda apresentam suas características naturais.

Com apenas 36 meses de atividades de pesqui-

sas já foi possível realizar um diagnóstico das condições ecológicas das lagoas Imboacica, Cabiúnas, Comprida e Carapebus. Já no início das pesquisas limnológicas foi possível demonstrar que a de Imboacica é a que apresenta maior comprometimento em suas características ecológicas, em vista das várias formas de impactos antrópicos a que é submetida. Entre eles, o lançamento de esgotos domésticos *in natura* e o uso desordenado de suas margens através, principalmente, de aterros e edificações. Esses impactos promovem, principalmente, duas formas de degradação da lagoa Imboacica: a sanitária e a ecológica. Enquanto a primeira tem sérias consequências do ponto de vista de saúde pública, a degradação ecológica conduz o ecossistema, numa primeira etapa, à redução de sua biodiversidade e posteriormente à perda do equilíbrio ecológico,

A degradação ecológica resulta da fertilização da lagoa pelos nutrientes (fosfato, nitratos e amônio), encontrados em elevadas

concentrações nos esgotos lançados na lagoa Imboacica. Tanto a degradação sanitária quanto a ecológica levam inevitavelmente ao comprometimento do uso múltiplo desse ecossistema pela população, fato que representa a perda de bem público de incalculável valor.

As pesquisas limnológicas permitiram também demonstrar que as aberturas artificiais da barra de areia que separa a lagoa Imboacica do mar representam outro impacto antrópico sobre o ecossistema. Essas aberturas artificiais passaram a ser mais freqüentes (até duas vezes ao ano) à medida que as margens da lagoa foram invadidas por residências. Para evitar que as casas sejam inundadas durante o período de chuvas da região (novembro a março), procede-se à abertura da barra de areia para escoar grande parte da água da lagoa para o mar.

Estudos sobre o efeito de aberturas artificiais da barra sobre o ecossistema constataram que alterações bruscas e repentinas dos valores da salinidade acarretam interrupção dos processos de sucessão das comunidades vegetais e animais, redução do estoque pesqueiro e comprometimento da qualidade da água. Assim, torna-se evidente que essas aberturas artificiais, quando realizadas periodicamente e de maneira não ade-



Região litorânea da lagoa Carapebus, com sua exuberante vegetação aquática, que é habitat de muitas espécies animais.

quada, representam grande impacto sobre o ecossistema da lagoa Imboacica.

As pesquisas realizadas no âmbito do convênio Petrobrás-UFRJ têm demonstrado que algumas lagoas costeiras do município de Macaé, como Cabiúnas e Comprida, apresentam suas condições naturais ainda muito preservadas. Merece destaque o fato de que parte considerável da elevada biodiversidade encontrada nesses ambientes ainda é desconhecida cientificamente. Entre as espécies novas descritas a partir de amostras nelas coletadas podem ser mencionadas componentes do zooplâncton, como os microcrustáceos *Diaptomus azureus* e *Diaptomus fluminensis*, e o rotífero *Hexarthra longicornicula*.

Diante das condições favoráveis de preservação em que se encontram as lagoas Cabiúnas e Comprida, assim como a restinga em que se localizam, o grupo de pesquisadores do Laboratório de Limnologia está reunindo membros da comunidade local e cientistas em torno da proposta de criação de um parque estadual que preserve esses ecossistemas. Com essa medida, será possível manter intacto um dos conjuntos de ecossistemas mais representativos, do ponto de vista ecológico, e mais ameaçados do Brasil, que são as lagoas cos-

teiras e as restingas. Tanto no Brasil como no exterior, a experiência nos mostra, com base em duras perdas, que preservar os ecossistemas é mais racional e sobretudo de menor custo social e financeiro do que tentar recuperá-los.

As pesquisas limnológicas nas lagoas costeiras de Macaé têm-se revelado também muito úteis no ensino de ciências e biologia nas escolas de primeiro e segundo graus desse município. Com excelentes resultados, temos transmitido a alunos e professores o que tem sido descoberto no estudo da lagoa Imboacica. Assim, os pesquisadores contribuem não só para a melhoria do ensino no município, mas também para a conscientização da sua população jovem para a necessidade estratégica de preservação ambiental. Essa conscientização é facilitada quando a comunidade passa a ver a lagoa não só como um local de lazer mas também como um complexo sistema de interações bióticas e abióticas, gerador de grande número de recursos importantes para o homem.

Assim, esses ecossistemas têm se tornado um verdadeiro laboratório natural para o exercício da Ecologia Tropical, capaz de gerar consideráveis contribuições para o conhecimento científico desse tipo de lagoas, o que é indispensável para a geração de tecnologias voltadas para o seu manejo racional, recuperação e preservação. Por outro lado, a



FOTOS CEDIDAS PELO AUTOR

Como nas demais lagoas de Macaé, a região litorânea da lagoa Imboacica é o principal local de pesca.

pesquisa proporciona a formação de grande número de profissionais na área de Ecologia, cada vez mais requisitados no país.

No caso das lagoas costeiras de Macaé, a parceria Universidade-Empresa mostrou que pode ser um instrumento de real importância para a realização de projetos de grande alcance científico e social. No caso do convênio Petrobrás-UFRJ, a parceria tem reunido vários segmentos da sociedade (poder público, organizações não-governamentais, entre outros) em torno de propostas que conduzam à preservação dos ecossistemas naturais e contribuam para melhorar a qualidade de vida naquele município, especialmente para as gerações futuras.

Francisco de Assis Esteves

Departamento de Ecologia,
Laboratório de Limnologia,
Universidade Federal do Rio de Janeiro.



O uso intenso da lagoa Imboacica pode causar grande impacto sobre o ecossistema, como se vê pela quantidade de detrito deixada pela população num final de semana.

CURSO A DISTÂNCIA DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL CAPACITA PROFESSOR

Objetivo é entender e buscar soluções para o atual modelo de crescimento que compromete a preservação dos recursos naturais

A necessidade de o Cead oferecer novos cursos que tratem de assuntos atuais e de grande importância é uma condição imposta pela educação aberta, continuada a distância. Um deles, é de Especialização a Distância: Educação Ambiental, encontra-se em fase de produção e deverá ser concluído até o final deste ano para atender aos alunos de EAD no início de 1996.

O curso *lato sensu*, de 360 horas, está dividido em oito módulos e trará material impresso e em vídeo. É destinado preferencialmente a professores de 1º e 2º graus de todo o país, voltando-se, assim, para contribuir no atendimento de uma prioridade educacional brasileira: capacitar docentes do ensino regular.

O foco central está na educação sobre o meio ambiente como um instrumento que possibilite entender e ter soluções para o atual modelo de crescimento, que compromete a preservação dos recursos naturais.

Entre outros assuntos, o curso aborda a erosão do solo,

a poluição dos ambientes aquáticos, a não-utilização de embalagens adequadas para o lixo e a emissão de gases tóxicos. São temas atuais, importantes e complexos, junto aos quais são analisados problemas mais próximos do dia-a-dia das pessoas, como a destruição das escolas, e, por isso, possibilitam uma intervenção rápida e em prol da comunidade.

Conforme consta do projeto do curso, “esta diversidade de problemas permitirá uma integração da área de ciências sociais (geografia, história etc.) com a de ciências da vida (biologia, saúde, ecologia), favorecendo uma ação conjunta e multidisciplinar de pesquisadores e professores”.

O trabalho do Cead junto com o autor do curso, Antonio José Andrade Rocha professor do Departamento de Ecologia da Universidade de Brasília, mostra o potencial que a educação aberta a distância oferece. Novas oportunidades de capacitação para um grande número de pessoas através do estabelecimento de parcerias.

C E A D PIONEIRISMO E QUALIDADE EM EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA

Trabalho desenvolvido na Universidade de Brasília confirma a importância de se investir nessa metodologia de ensino.

Dezesseis anos de trabalho no desenvolvimento da educação aberta a distância é uma credencial que poucas instituições de ensino no Brasil podem apresentar. A Universidade de Brasília é uma delas.

Desde 1979, vem obtendo importantes resultados na aplicação dessa metodologia de ensino que

“In the Industrial Age, we go to school. In the Communication Age, schools can come to us. This is the message implicit in the evolution of distance education.”

Texto obtido na rede Internet

se utiliza de meios modernos de comunicação de massa, tais como a TV, o rádio, o jornal, o computador, entre outros.

O que se busca e tem sido alcançado é a combinação de maior possibilidade de acesso ao saber a um menor custo, com qualidade de conteúdo.

Na UnB quem promove a articulação com o ensino a distância é o Centro de Educação Aberta, Continuada a Distância – Cead. A experiência acumulada possibilita o atendimento a uma clientela diversificada com cursos de extensão universitária produzidos em parceria com institutos, faculdades e departamentos da Universidade de Brasília.

Atualmente, mais de dez mil pessoas são alunos regulares de dez cursos de extensão do Cead (ver *Cursos em Oferta*). Ainda neste ano, o Cead poderá oferecer cursos de especialização a distância, cuja produção está em fase de conclusão.

Um deles é o curso de especialização *lato sensu* em Ensino a Distância, de autoria do professor Miguel Casas Armengol, um dos maiores especialistas em EAD do mundo. O curso encontra-se em processo de validação junto a funcionários do Governo do Distrito Federal, do Instituto Nacional de Educação a Distância e do próprio Cead.

A tutoria que é prestada pelo Cead através de esclarecimentos de dúvidas de alunos, via fax, telefone, carta e e-mail pela rede Internet, busca assegurar a qualidade da aprendizagem.

Essa etapa é concluída com a aprovação do trabalho final do aluno, que o habilita a receber certificado, emitido pela Universidade de Brasília. A partir de então, tem início o processo de reavaliação dos cursos articulados, sobretudo, pela opinião dos alunos.

O contato com os atuais e novos estudantes e a prestação de contas junto à comunidade procuram ser mantidos através da divulgação de informação sobre novos cursos e eventos na área. Para tanto, o Cead conta com material impresso, como o jornal *Universidade Aberta*, o informativo *CEAD Notícias e folders*.

Veicula também, toda semana, informações via rádio, por meio de programa inteiramente produzido pelo Cead, na Cultura FM, cuja transmissão alcança todo o DF. Toda terça-feira, divulga novas iniciativas, através da Rádio Nacional, com informações que chegam a todo o país. Está prevista para breve a produção de cursos através de TV a cabo.

Outra iniciativa do Cead no âmbito da comunicação está voltada para a área da informática, principalmente com o acesso de que já dispõe junto à rede Internet. E por meio dessa rede, que interliga mais de cem países em todo o mundo, as ações do Cead têm chegado a um número crescente de pessoas.

A partir de julho, o Cead, em parceria com a Rede Nacional de Pesquisa (RNP), oferecerá curso para a capacitação de novos usuários na rede Internet, através do material impresso que virá encartado no jornal *Universidade Aberta*.

Todos esses meios possibilitam também, uma nova articulação entre instituições de ensino a distância e um reconhecimento de sua importância no processo de democratização do saber.

CURSOS EM OFERTA

- A Redação como Libertação
- Freud, Pensamento e Ação
- Educação, Município e Cidadania
- Política de Ciência e Tecnologia
- Jean-Jacques Rousseau
- Prevenção ao Uso Indevido de Drogas
- O Pensamento Inquieto
- Introdução Crítica ao Direito (também em vídeo)

- Introdução Crítica ao Direito do Trabalho (também em vídeo)

EM DISQUETE

- O Microcomputador sem Mistério
- MSD Windows 3.1*
- Access 2.0*
- Word 6.0*
- Excel*

* Cursos vendidos pelo Cead sem direito a certificado

ENDEREÇO DO CEAD

Universidade de Brasília
Multiusos • Bloco B,
entrada B1 • 14
Caixa Postal 04351
CEP 70919-970 • Brasília • DF
Tel.: (061) 349-0996/348-2281/
348-2137 • Fax: (061) 273-4299

.....
Endereço na rede Internet
cead@guarany.unb.br

Dividindo a conta do rio Doce

Poluidores e usuários devem pagar parte dos custos de recuperação da bacia

Pelo menos 2 bilhões de dólares e quase 20 anos serão necessários para despoluir cerca de 70% das águas do rio Doce, cuja bacia hidrográfica corta Minas Gerais e Espírito Santo, englobando 182 municípios ao longo de seus 850 km de extensão. Essa é a meta traçada por um projeto franco-brasileiro de gerenciamento ambiental da bacia, inspirado no modelo 'poluidor/usuário-pagador', adotado com sucesso na França. Segundo esse modelo, quem retira, consome ou polui as águas dos rios deve arcar com parte dos custos de sua recuperação.

Para ser posto em prática, o projeto depende da aprovação de uma legislação am-

biental específica, que regule as condutas e ações do gerenciamento integrado. Atualmente, tramita no Congresso Nacional um projeto de lei sobre o uso de água, que autoriza a cobrança de uma contribuição proporcional à quantidade de água utilizada ou degradada por usuários e poluidores.

"Esse sistema tem efeito bumerangue: os recursos saem do bolso do usuário e a ele retornam na forma dos benefícios propiciados pela despoluição da bacia", diz o engenheiro e ambientalista Paulo Maciel, coordenador técnico do Projeto Rio Doce. Segundo ele, uma simulação financeira do projeto estimou em 1,2 bilhão de dólares –

cerca de 50% do total – a cota reservada aos agentes poluidores e usuários. A outra metade seria obtida por meio de empréstimos.

Prevê-se que a gestão desses recursos se faça por um sistema descentralizado e participativo, baseado na criação de um comitê de bacia, com representantes da sociedade civil, do setor empresarial, do poder político regional e de órgãos do governo. Caberia a esse comitê decidir quem paga e quanto paga, quais as políticas a serem adotadas e onde investir prioritariamente. Ele teria um órgão de apoio técnico, uma agência de bacia, responsável pelos estudos do rio, pela cobrança das contribuições e

pelo repasse dos recursos.

O diagnóstico inicial feito para avaliar a qualidade das águas e detectar as fontes de poluição do rio Doce revela uma situação crítica: não há estações de esgoto doméstico ao longo da bacia e grande parte das cidades sequer tem saneamento básico e água tratada. A atividade industrial, fortemente ligada à mineração e à siderurgia, é a fonte básica de poluição: todo dia, cerca de 700 indústrias lançam na bacia 552 t de matéria orgânica, 446 t de material em suspensão e mais de 10 mil kg de metais pesados e outros produtos tóxicos.

No trabalho de campo, 82 estações locais de água foram analisadas e 130 indústrias receberam a visita de técnicos. De 35 destas, foi feita amostragem de resíduos. Cerca de 80% das águas dos rios da bacia foram classificadas como impróprias para consumo, em razão da poluição tóxica e dos sólidos em suspensão.

O quadro no meio rural não é menos crítico: a erosão dos rios da bacia, que resultou sobretudo da destruição de mais de 90% das florestas de Mata Atlântica, alcança níveis preocupantes. Essas áreas vêm sendo gradativamente reflorestadas com eucalipto, para abastecer siderúrgicas e fábricas de celulose. As áreas de cultivo, que abrangem mais de 10% da bacia, são fontes de descarga de sólidos em suspensão.

Pelo cadastramento dos usuários do rio, cuja área de drenagem ultrapassa 83 mil km²,

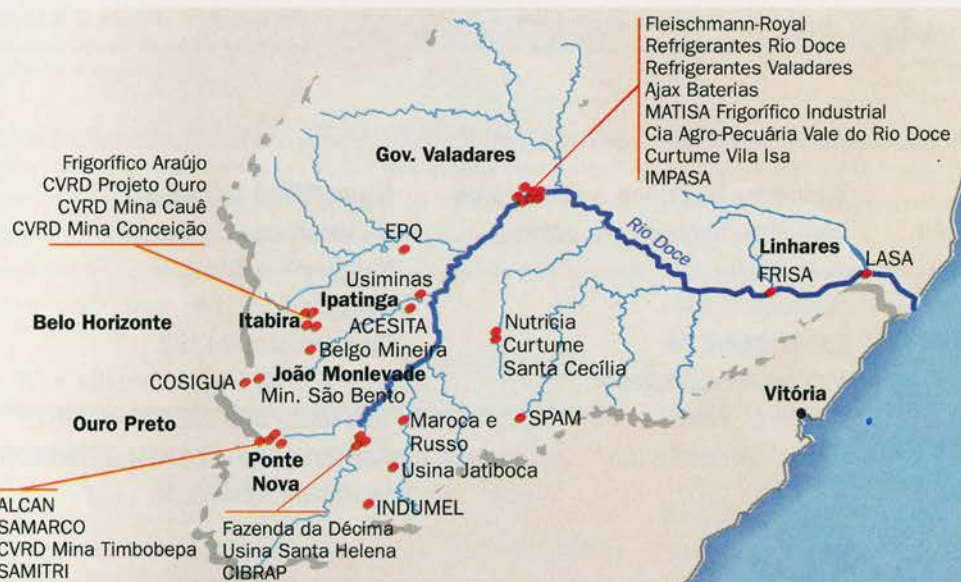


Figura 1. Mapa da bacia do rio Doce mostrando as principais indústrias poluidoras.

O modelo francês

Com bem-sucedidas experiências de gerenciamento integrado de suas seis bacias hidrográficas, a França foi um dos primeiros países a adotar o modelo 'poluidor/usuário-pagador'. Implantado no país em 1964, com base na lei que criou os comitês e agências de bacia, o sistema de cofinanciamento para a recuperação de recursos hídricos investiu, de 1987 a 1991, cerca de 45 bilhões de francos no abastecimento de água potável e em programas de despoluição doméstica, industrial e agrícola. A meta é investir até 1996 um total de 81 bilhões de francos.

A partir de 1992, com a aprovação da lei que regulamenta a gestão das águas na França, houve uma descentralização dos projetos de bacia. Com base nas diretrizes gerais de cada um deles, foram instituídos planos específicos de sub-bacias, dotados de autonomia para priorizar as necessidades regionais.

As ações dos comitês e agências de bacia franceses se pautam por uma 'declaração dos direitos da água', que estabelece: a água integra o patrimônio do país e sua proteção é de interesse nacional; a gestão da água requer o equilíbrio entre os imperativos de sua proteção e o interesse econômico; o comum acordo deve dirigir a planificação do gerenciamento da água; o uso da água impõe o respeito à lei e o estado deve assegurá-lo; a água tem valor econômico: é preciso lembrar que ela pode tornar-se escassa e cara.



Figura 3. Na França há uma agência de água para cada uma das seis grandes bacias hidrográficas do país.



Figura 2. Vista aérea de um trecho do rio Piracicaba, da bacia do rio Doce, no Vale do Aço (MG). A sua margem esquerda, em João Monlevade, está instalada a Siderúrgica Belgo Mineira.

a maior parte da água captada vai para a irrigação, que consome 15 m³/s, cerca de 50% da demanda. O consumo industrial atinge 10,45 m³/s e representa 35% do abastecimento. As captações domésticas, calculadas em 4,7 m³/s, correspondem a 15%. Para se ter uma idéia da discrepância do consumo, só a siderúrgica Usiminas, em Ipatinga (MG), utiliza três vezes mais água do que toda a cidade de Governador Valadares (MG), a maior da bacia, com uma população superior a 240 mil habitantes.

Dividido em um pré-programa de dois anos para a implantação de suas bases e em três programas quinquenais, o projeto pretende reduzir em cerca de 85% o volume de matéria orgânica lançada no rio, em 75% a carga de sólidos e em 95% o índice de metais pesados e produtos tóxicos. Planeja-se eliminar em 100% a poluição prove-

niente de garimpos e reduzir em 95% os danos causados pelas destilarias. O projeto prevê ainda o tratamento de esgotos para 1,4 milhão de pessoas, o que corresponde a 49% da população da bacia.

"Trata-se de uma experiência pioneira no país, que poderá servir de modelo para a recuperação de outras bacias hidrográficas", afirma Paulo Maciel. Segundo ele, a partir dos resultados desse projeto, pretende-se montar um sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos. O passo seguinte contemplaria uma bacia considerada crítica, a do Paraíba do Sul, que abrange o Rio de Janeiro, Minas e São Paulo.

Marise Muniz

Ciência Hoje/Belo Horizonte.

Nadando de braçada

Estranhos à bacia do rio Doce, tucunarés e piranhas dizimam peixes nativos da região

Baseado em resultados de pesquisas feitas no Parque Estadual do rio Doce (MG), o zoólogo Alexandre Godinho, da UFMG, alerta para os perigos da introdução não-controlada de espécies de peixes estranhos a determinados ambientes, prática que se tornou comum no país, sobretudo nos reservatórios das barragens hidrelétricas.

"Interessado em impulsionar as atividades pesqueiras na região do parque", relata Godinho, "um grupo amador

de pescadores provocou inadvertidamente uma drástica redução das espécies locais". Importados de outras regiões do país, tucunarés e piranhas fizeram um estrago sem precedentes na população dos peixes nativos das três lagoas estudadas pelo zoólogo: Dom Helvécio e Carioca, no interior do parque, e Jacaré, próxima à sua entrada. Os peixes dessas lagoas são, em sua maioria, de pequeno porte e só raramente atingem mais de um quilo.

Os vilões do rio Doce

O tucunaré (*Cichla ocellaris*) é um peixe amazônico que se alimenta praticamente só de peixes (piscívoro). Nas águas do Parque Estadual do Rio Doce pesa, em média, 300 g, mas na bacia amazônica já foi capturado um tucunaré com cerca de 13 kg. A piranha (*Pygocentrus nattereri*) tem ampla distribuição geográfica, sendo encontrada sobretudo na Amazônia e no Pantanal. Na bacia do rio Doce, chega a pesar 900 g. Embora carnívora, a espécie não se alimenta só de peixes, comendo também crustáceos e insetos aquáticos. Outra espécie introduzida é o *Astronotus ocellatus*, conhecido como 'cará-amazonas', na região, e como 'apaiari' no resto do país. No Brasil, é típico das bacias dos rios Amazonas e Paraguai e alimenta-se de plantas e pequenos animais. Apareceu na lagoa Dom Helvécio em 1992.

Pescadores da região contam que as piranhas foram trazidas para o rio Doce para alimentar peixes de maior porte, como o pirarucu e a pirarara, que também seriam introduzidos na bacia. Só que esses grandes peixes amazônicos não resistiram à viagem, morrendo no caminho. As piranhas, ao contrário, chegaram vivas e se reproduziram em ritmo vertiginoso.



Tucunaré (*Cichla ocellaris*), grande responsável pelas extinções de peixes em lagoas do rio Doce (MG).

"Não sabemos com certeza quando essas espécies foram introduzidas na região", diz Godinho, cujos levantamentos começaram a ser feitos em 1992 na lagoa Dom Helvécio, uma das maiores do parque. Como mostram os trabalhos realizados por especialistas a partir de coletas sistemáticas, tucunarés e piranhas já estavam na bacia do rio Doce no início dos anos 80. "Os dados com que confrontamos nossos levantamentos foram apurados em 1983, 1985 e 1987", explica o zoólogo. "Bastou uma única coleta, feita ao longo de três dias, para verificar a gravidade da situação", conta Godinho, que também estudou lagoas do parque que não haviam sido colonizadas por espécies exóticas. A comparação entre os dados obtidos num e outro ambiente era fundamental para verificar o impacto da introdução dessas espécies.

As coletas da equipe de

Godinho revelam que, de 1983 a 92, a variedade de peixes da lagoa Dom Helvécio caiu de 18 para nove espécies. Nas outras duas lagoas pesquisadas, o índice de empobrecimento da ictiofauna foi o mesmo, embora na lagoa Carioca a piranha só tenha sido detectada em 1992. Isso indica que, sozinho, o tucunaré foi capaz de reduzir à metade a riqueza de espécies da lagoa. Esse poder de fogo do tucunaré foi confirmado pelos levantamentos feitos na lagoa Amarela, localizada fora do parque, onde só ocorre piranha e apenas uma espécie nativa desapareceu no período estudado. O tucunaré é, portanto, apontado como o grande responsável pelas extinções. A piranha e o cará-amazonas, também introduzido no parque, são coadjuvantes desse processo. "Muito possivelmente", explica Godinho, "os peixes nativos se extinguem pelo fato de não

estarem adaptados às agressivas estratégias de caça das espécies introduzidas”.

Um dado curioso, revelado pelas capturas com redes, é que a piranha aparece como espécie dominante na lagoa Dom Helvécio, embora à noite, quando suas águas são iluminadas, o tucunaré seja a que mais se destaca. Isso revela a grande habilidade desse animal para fugir às redes de captura, que, no entanto, são muito eficientes para agarrar piranhas. Foi necessária então uma associação dessas duas técnicas de amostragem para concluir que tucunarés e piranhas predominam na lagoa Dom Helvécio, constituindo cerca de 80% de sua biomassa de peixes. Muito possivelmente essas espécies vêm provocando extinções em outras lagoas da região, já que elas se intercomunicam no período das vazantes (ver 'Sistema *sui generis*').

O mau exemplo dos peixamentos irresponsáveis partiu do poder público, mais precisamente das companhias energéticas, que, acatando uma instrução da antiga Superintendência de Desenvolvimento da Pesca (Sudepe), construíram grandes estações de piscicultura nos reserva-

Sistema *sui generis*

Por suas origens e sua dinâmica, as cerca de 40 lagoas do Parque Estadual do Rio Doce, em Minas Gerais, formam um sistema lacustre absolutamente singular, o mais bem estudado do continente sul-americano. Só nas áreas de limnologia e ictiologia, suas águas já renderam até agora cerca de 140 trabalhos. Com 35.973 ha, dos quais 6% cobertos por espelhos d'água, o parque que as protege é, em pleno Vale do Aço, a 200 km de Belo Horizonte, a maior área de floresta tropical de Minas Gerais, cuja vegetação se compõe de um mosaico de matas primárias e secundárias. Com altitudes que variam entre 236 e 515 metros, o parque limita-se, a leste, pelo rio Doce e, ao norte, pelo rio Piracicaba. Fora de suas fronteiras, há também lagoas com idênticas características. Somadas, elas ultrapassam uma centena.

Essas lagoas, cujas profundidades são muito variadas, não estão isoladas umas das outras. Em determinadas épocas do ano, sobretudo nos períodos chuvosos, elas podem se intercomunicar por meio das vazantes. Um fato curioso, que as diferencia das chamadas lagoas de várzea (formadas às margens dos rios pelas cheias) e de outros sistemas lacustres, é que elas lançam suas águas no rio a que estão associadas, em vez de recebê-las dele. Outra curiosidade é que suas águas transbordantes alcançam o rio Doce por meio de seu paleocanal, o antigo leito do rio há aproximadamente 10 mil anos.



Vista aérea de lagoas do Parque do Rio Doce (MG)

tórios formados pelos barramentos dos rios, para compensar os impactos negativos dessa intervenção drástica no meio ambiente. Em Minas Gerais, foram construídas três estações e em São Paulo pelo menos uma dezena. Como

não dominava as técnicas de cultivo dos peixes das bacias onde as barragens haviam sido construídas, o pessoal das companhias trouxe para o Sudeste espécies que estavam sendo trabalhadas no Nordeste nas primeiras décadas deste século. Muitas delas, por sua vez, haviam sido importadas da bacia amazônica.

A importação de espécies, entre elas o tucunaré, foi feita principalmente pela Companhia Energética de São Paulo (Cesp), cujos técnicos cultivavam os peixes e os soltavam, sem controle, nos reservatórios. Hoje há tucunarés

espalhados por todo o país, pelo menos em suas principais bacias hidrográficas. “Como os órgãos públicos davam o exemplo, a população achou que esse era um procedimento acertado, passando a soltar peixes indiscriminadamente”, critica Godinho. A pescada-do-piauí também foi liberada em grande escala nesses reservatórios, mas os efeitos dessa introdução ainda não são conhecidos.

Roberto Barros de Carvalho
Ciência Hoje/Belo Horizonte.

Lagoa	Ano			
	1983	1985	1987	1992
Dom Helvécio	18	13	10	9
Jacaré	10	6	4	4
Carioca	15	15	9	8

Dados de 83, 85 e 87, segundo Sumaga e Verani
Dados de 92, segundo Godinho et al.

Redução das espécies de peixes em lagoas do rio Doce (MG).

A água prometida

Proposta de captar água do São Francisco para irrigar o Nordeste é inviável e antiecológica

Há mais de meio século, a cada seca que assola o Nordeste brasileiro, um velho e polêmico projeto vem à tona: transpor as águas da bacia do São Francisco para irrigar os solos do sertão nordestino. Com alguns retoques de atualidade, essa proposta retornou recentemente ao discurso político, dessa vez através da promessa de usar as águas captadas da bacia, que ocupa 2.780 km de extensão e uma área de drenagem de 634 mil km², para o abastecimento humano.

Teoricamente, parece absurdo opor-se à idéia de transpor parte desse enorme volume de águas lançadas no oceano Atlântico – cerca de 100 bilhões de m³ anuais – para atender uma população tão castigada pela seca. Os ambientalistas lembram, entretanto, que as águas do São Francisco já estão comprometidas com a produção energética e a irrigação da própria bacia. O volume de

água disponível hoje é suficiente para irrigar no máximo 600 mil ha, enquanto o estoque de terras situadas às margens do rio ocupa cerca de três milhões de hectares.

Para o engenheiro Flávio Mayrink, vice-presidente do Comitê Executivo de Estudos Integrados da Bacia do São Francisco, o problema do Nordeste não é falta de água para o abastecimento humano e animal. Ele afirma que existem 20 bilhões de m³ de água acumulados nos açudes do Ceará, Paraíba e Rio Grande do Norte, o correspondente à capacidade do reservatório de Três Marias (MG). “Não faz sentido ignorar essas reservas em favor de um projeto que sequer dispõe de estudos técnicos globais da bacia”, argumenta.

O engenheiro avalia que, do ponto de vista técnico e econômico, o projeto é inviável, pois demanda que a água seja elevada, através de bombas, a mais de 160 m de alti-



Mapa mostrando a bacia do São Francisco, que nasce na Serra da Canastra (MG) e deságua no Atlântico, entre Alagoas e Sergipe.



Vista aérea do Alto do São Francisco, nas proximidades de sua nascente.

tude, para promover uma captação de 280 m³/s, ao longo de dois mil quilômetros. Isso significaria um gasto energético de 1.300 MW/ano, mais que toda a energia consumida no estado da Bahia. Ele estima que só o custo dessa transposição ficaria em torno de dois bilhões de dólares.

Como se isso não bastasse, uma obra desse porte causaria sério impacto ambiental na região, sobretudo no que diz respeito à fauna ictiológica. Segundo o biólogo e conservacionista Fábio Marton, do Instituto de Geociências da UFMG, a migração de espécies exóticas de peixes de uma bacia para outra provocaria sérios desastres ecológicos na região. Ele cita o

exemplo do tucunaré, introduzido na lagoa Dom Helvécio, no Parque Estadual do Rio Doce (MG), onde as outras espécies de peixes foram praticamente dizimadas por esse predador.

O São Francisco nasce na serra da Canastra, em Minas Gerais, e percorre os estados da Bahia, Pernambuco, Sergipe e Alagoas, atravessando regiões com diferenças fisiográficas e climáticas marcantes. O trecho mineiro da bacia, que ocupa 36% da área total, contribui com 70% do caudal do rio, que vem sendo reduzido sobretudo pela expansão do desmatamento promovido pela indústria guseira. Na maior parte da bacia, a contribuição das chuvas é quase

Reserva estratégica

Mais do que uma bela paisagem do sertão mineiro, as veredas desempenham importante papel na manutenção do volume de água dos mananciais do cerrado, abastecendo-os estrategicamente nos períodos de seca. Elas ocorrem em abundância ao longo do São Francisco, maior bacia hidrográfica de Minas Gerais, constituindo valiosos estoques naturais de água.

As veredas surgem em locais úmidos de solos hidromórficos, pela infiltração de chuvas em terrenos arenosos, onde a água se armazena entre a superfície e as camadas rochosas, formando reservas hídricas que escoam lentamente, como esponjas encharcadas, a uma velocidade média de um metro por dia. Essa água aflora na superfície, formando regatos que se unem para formar córregos, até alcançar os rios. À sua volta, cresce uma vegetação hidrófila peculiar, formada sobretudo por buritis e embaúbas, árvores cujas raízes devem manter-se permanentemente em ambiente brejoso.

Pelo papel que desempenham no equilíbrio do ecossistema aquático do cerrado mineiro, as veredas são declaradas, por lei estadual, áreas de preservação permanente, o que as protege de desmatamentos agressivos. As áreas de pasto, por exemplo, devem manter uma distância mínima de 80 m do local de sua ocorrência.



Paisagem de vereda no cerrado mineiro.

nula, e o rio chega a perder mais água do que ganha, absorvendo na estiagem a água das veredas (ver 'Reserva estratégica').

Entre as várias alternativas apontadas para combater a seca nordestina, já se aventou a hipótese de captar água do rio Tocantins, na Amazônia, promovendo sua interligação às bacias do Nordeste. Embora essa seja uma tendência

geomorfológica que naturalmente ocorrerá no futuro, os ambientalistas avaliam que a antecipação do processo não descartaria um desequilíbrio no ecossistema aquático da região. A solução seria o aproveitamento do potencial das águas subterrâneas do próprio Nordeste.

Marise Muniz

Ciência Hoje/Belo Horizonte.

A vez das hidrovias

Transporte fluvial ganha força como alternativa mais econômica

Tratado como primo pobre durante décadas pelas políticas oficiais, o transporte fluvial pode finalmente entrar na lista de prioridades do governo brasileiro. A deterioração das rodovias e o alto custo para recuperá-las, a interiorização da produção agrícola e a recente valorização do transporte intermodal (que reúne vários tipos de veículos

para barateamento de custos) são fatores que, conjugados, tornam as hidrovias uma alternativa viável.

A hidrovia dos rios Araguaia e Tocantins, no Centro-Norte do país, é hoje uma das prioridades do Ministério dos Transportes. Os estudos para implementá-la já foram feitos, e o interesse da Companhia Vale do Rio Doce impulsio-

na o projeto. A empresa quer completar com grãos a carga dos navios que partem do porto de Carajás levando sua produção de ferro para o exterior.

O primeiro passo rumo à concretização da hidrovia Araguaia-Tocantins, que terá mais de dois mil quilômetros de extensão, foi dado em abril passado, quando um comboio de soja do governo federal deixou Xavantina, em Tocantins, em direção a Xambioá, no extremo norte do estado. Como não havia frota adequada, esse primeiro comboio resultou da adaptação de um

barco de pesquisas do Ministério dos Transportes.

A demonstração tinha um objetivo claro: convencer os empresários da região de que a hidrovia é factível. Diante da crônica falta de recursos para investimentos, o governo conta com a iniciativa privada para levar o projeto adiante. O governo está disposto a investir na melhoria da navegabilidade, deixando a cargo dos empresários a tarefa de construir os portos.

Mas as hidrovias em estudo no Brasil só são viáveis se estiverem integradas ao que os técnicos chamam de trans-

porte intermodal. No caso da Araguaia-Tocantins, a soja deve seguir pelo Araguaia e, depois, pelo Tocantins até Xambioá. Lá ela será transportada em caminhões até Imperatriz (MA), e de trem até o porto próximo a São Luís.

Segundo o coordenador de Vias Navegáveis Interiores, do Ministério dos Transportes, Guilherme de Lima Paes, as hidrovias podem estimular o crescimento da produção de grãos no centro do país. "Com elas, o custo do transporte, um dos maiores problemas dos produtores da região, poderá ser significativamente reduzido", acredita Paes.

Mesmo utilizando trens e caminhões, o transporte intermodal a partir da hidrovia Araguaia-Tocantins teria um custo menor (US\$ 53 a tonelada) que o rodoviário (US\$ 70). O Ministério dos Transportes calcula que, nas condições atuais, a hidrovia Araguaia-Tocantins é capaz de transportar cerca de um milhão de toneladas por ano.

Além da ênfase nos transportes rodoviários, algumas características geográficas dificultaram o desenvolvimento das hidrovias no país. Embora boa parte dos grandes rios brasileiros tenha extensos trechos navegáveis, eles passam

por corredeiras, geralmente pouco antes de alcançar o mar. Apesar de favorecer a construção de hidrelétricas, esses trechos rochosos exigem obras de transposição. O Tocantins, por exemplo, poderia levar barcos até o porto de Belém, no rio Amazonas, e daí ao mar, se não houvesse áreas de corredeiras em Tucuruí e Santa Isabel, no Pará. Como o governo não tem recurso sequer para concluir as obras da eclusa em Tucuruí, o transporte intermodal surge como saída para levar a produção da região central do país até o mar.

Se o governo tivesse di-

nheiro para investir na construção de eclusas e em obras de correção do curso de alguns rios, certamente o transporte hidroviário teria outra dimensão no país. Isso, no entanto, fica para o futuro, pois o orçamento do Ministério dos Transportes prevê para este ano recursos apenas para obras de dragagem e manutenção nos rios São Francisco e Paraguai. Em alguns casos, como o do rio Tapajós, sobre o qual estão sendo feitos estudos, o governo aguarda a colaboração do setor privado.

Margareth Marmori

Ciência Hoje/Brasília.

Zoneamento hidrogeológico

O potencial dos recursos hídricos de Belo Horizonte pode ser maior do que se estimava

Ao longo dos últimos 15 meses, uma equipe de técnicos do Instituto de Geociências (IGC) da Universidade Federal de Minas Gerais elaborou o *Zoneamento Hidrogeológico de Belo Horizonte*, o mais abrangente levantamento que já se fez sobre o tema desde a construção da capital, há quase um século. O relatório final sugere a utilização de águas subterrâneas para suprir a necessidade de consumo de pelo menos 30% da cidade.

Encomendada ao IGC pela Secretaria Municipal de Planejamento, a pesquisa revela que a cidade tem um potencial de recursos hídricos subterrâneos superior ao até então estimado e propõe a criação

de lei municipal que regulamente os direitos de perfuração de poços tubulares e o uso da água do subsolo para fins variados. A água de poços profundos, isenta de contaminação, serviria para consumo humano. A água para irrigação de praças e jardins públicos, que dispensa requisitos de potabilidade, poderia ser extraída de aquíferos rasos associados a formações superficiais pouco protegidas da poluição.

As águas subterrâneas são renováveis, de fácil captação e mais baratas, porque dispensam tratamento, além de serem abundantes em boa parte do município. O coordenador da pesquisa, professor

Adelbani Braz, lembra que até o final da década de 60, 40% do abastecimento da capital mineira vinha de poços subterrâneos. Com a entrada do sistema de abastecimento de água do rio das Velhas, gerenciado pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais (Copasa), os poços foram entupidos e esquecidos, e hoje não há qualquer política de monitoramento do lençol freático. "Já há focos de contaminação, e o lençol contaminado leva anos para se recuperar", alerta Braz.

O estudo vai mais longe, propondo também o aproveitamento das águas pluviais. Sugere que se estimule na população o hábito de captar as

águas caídas de telhados e pátios cimentados e até de vias públicas asfaltadas. Essa água poderia ser utilizada em instalações sanitárias, para abastecer piscinas, lavar carros e calçadas e regar jardins, substituindo com vantagem econômica a água tratada. O incentivo concreto para os usuários poderia ser a isenção ou a redução do IPTU por prazo determinado.

Ao tomar conhecimento da pesquisa, a própria Copasa demonstrou interesse em contratar a equipe para um levantamento hidrogeológico mais abrangente, que ultrapasse a região metropolitana – um sinal de que, no futuro, o potencial dos recursos hídricos subterrâneos de todo o estado venha a ser aproveitado.

Ana Rita Araújo

Colaboradora de Ciência Hoje.

A água oculta

Para fugir à escassez e aos altos custos de produção de águas superficiais o Brasil fura cada vez mais poços tubulares

Mesmo não estando distribuídas uniformemente, as reservas de água subterrânea podem desempenhar um papel importante na solução dos problemas de abastecimento na maior parte do país. A estiagem, que ano após ano castiga o semi-árido nordestino, também pode ter seus efeitos amenizados a partir do aproveitamento adequado desse importante recurso natural, cujas reservas totalizam 98% de toda a água doce do planeta.

No Brasil, à exceção de algumas cidades, a exploração das águas do subsolo ainda não mereceu a atenção que merece. Vários países, no entanto, há muito tempo estão atentos às vantagens de utilizá-las.

Por dispensar a construção de adutoras, barragens e, principalmente, estações de tratamento, é mais barato captar água do subsolo do que da superfície, ainda que as fontes estejam salinizadas e requeiram, para purificação, o emprego de tecnologias especiais. Segundo o presidente da Associação Brasileira de Águas Subterrâneas (ABAS), Waldir Duarte Costa, o metro cúbico da água dessalinizada é 60% mais barato do que o mesmo volume da água transportada por carros-pipa. "Mas as autoridades nordestinas, para quem os carros-pipa são

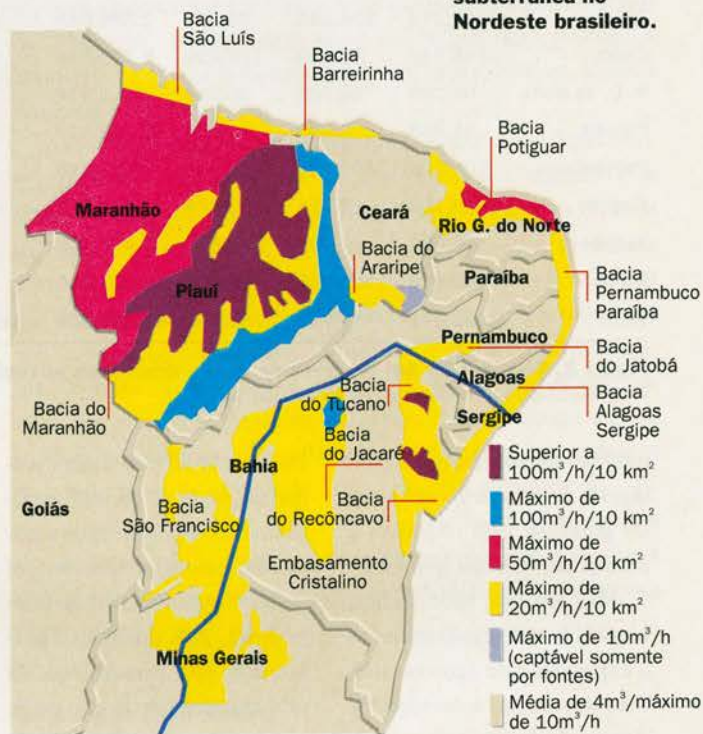
caminhões de voto, têm dificuldade para entender essa matemática", ironiza o hidrogeólogo.

A exploração dos aquíferos tem ainda a vantagem de não causar impacto ao meio ambiente e não implicar a inundação de áreas férteis, como acontece nos desvios e nas construções de barragens em grandes rios.

No estudo "Sugestões para Aproveitamento Adequado das Águas Subterrâneas no Semi-Árido Nordestino", entregue ao ministro do Meio Ambiente e Amazônia Legal, Gustavo Krause, em fevereiro passado, a ABAS relata que há cerca de 50 mil poços no Nordeste, dos quais 20 mil estão desativados. "Esse número é irrisório, mesmo diante da baixa disponibilidade de água subterrânea na região", diz Costa. Segundo ele, as rochas cristalinas, de reduzida potencialidade hídrica, predominam em cerca de 50% do Nordeste brasileiro (figuras 1 e 2).

No resto do Brasil, onde as reservas de água subterrânea apresentam, em sua maior parte, nível médio ou muito elevado, o quadro não é significativamente diferente (figura 3). "Perfuram-se hoje cerca de oito mil poços por ano em todo o país, apenas 1% do que é perfurado nos EUA", garante o presidente da ABAS,

Figura 1. Potencial das bacias de água subterrânea no Nordeste brasileiro.



que estima em 200 mil o total de poços abertos em todo o território nacional. Ele ressalva que a falta de um número preciso decorre da inexistência de uma legislação que obrigue quem perfura a cadastrar sua obra no órgão público competente. Responsável pelo capítulo referente a águas subterrâneas no Projeto Áridas, que integrou o "Plano de Desenvolvimento Sustentável para o Nordeste Semi-Árido", elaborado pela Secretaria de Planejamento da Presidência da República, Waldir Costa detectou, além desse, puramente legal, dois outros problemas: um institucional, outro técnico.

"O Ceará é o único estado que criou uma secretaria para tratar exclusivamente de recursos hídricos. Nos demais, a questão fica diluída em meio a outros problemas, sem merecer a devida atenção", critica Costa, que constatou também grande deficiência de conhecimento hidrogeológico na região. Segundo ele, praticamente todos os estudos sobre o assunto realizados até agora no Nordeste foram feitos nos anos 60 e 70, graças à Sudene, que trazia ao Brasil missões técnicas da França, Israel, EUA e Alemanha, promovendo um intercâmbio decisivo para a formação daquela geração de geólogos. Hoje o órgão está

ESTADO	ÁREA (KM²)			POPULAÇÃO	RESERVAS DE ÁGUA SUBTERRÂNEA		
	Total	Terreno sedimentar	Terreno cristalino		Permanentes		Explotáveis (x 10 ⁶ m³)
					Terreno sedimentar (x 10 ⁶ m³/ano)	Terreno cristalino (x 10 ⁹ m³)	
Maranhão	329.555	329.555	–	4.922.339	2.950	–	5.900
Piauí	251.273	226.145	25.127	2.581.054	3.680	50,2	7.365
Ceará	148.016	29.603	118.412	6.353.346	380	236,8	783
R. G. do Norte	56.166	26.583	26.583	2.413.618	320	53,1	645
Paraíba	53.958	8.093	45.864	3.200.620	110	91,7	229
Pernambuco	101.023	20.204	80.818	7.109.626	175	161,6	366
Alagoas	29.106	8.731	20.374	2.512.515	220	40,7	48
Sergipe	21.994	4.398	17.595	1.492.400	205	35,1	44
Bahia	566.978	113.395	453.582	11.801.810	2.060	907,1	4.210
Total	1.555.071	766.712	788.358	42.387.328	10.100	1.576,3	19.590

Figura 2. Distribuição das reservas de água subterrânea na região Nordeste do Brasil.

FONTE: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS (1995).

totalmente esvaziado, e o quadro de funcionários do setor de geologia está reduzido a menos de 10% do que era.

Mas, ao que tudo indica, os problemas legais relativos à exploração de água no subsolo devem ser solucionados dentro de pouco tempo. Afinal, tramita no Congresso desde 1987 um projeto de lei que disciplina a perfuração de poços, definindo quem está apto a fazê-la, onde e com que vazões, entre outros pontos cruciais. Mas, como a Constituição permite que os estados criem legislação própria, São Paulo aprovou a sua em junho de 1988 e o Ceará tenta seguir o exemplo.

Segundo Fábio Pedrosa, membro do Laboratório de Geologia e Geofísica da Marinha (LGGM), da Universidade Federal de Pernambuco, o disciplinamento é importante porque a perfuração indiscriminada e tecnicamente mal feita pode levar ao esgotamento do aquífero, além de

contaminá-lo por águas salgadas (no caso de regiões litorâneas), ou por águas poluídas oriundas do lençol freático superficial. Segundo Pedrosa, 20% dos poços perfurados nas imediações da orla marítima de Recife estão salinizados, em decorrência de uma exploração desenfreada e sem critérios.

Os geólogos também alertam para os cuidados que devem ser tomados com as áreas de recarga dos lençóis subterrâneos. Compostas de arenitos, essas superfícies absorvem praticamente toda a água que cai sobre ela. Quando há atividades poluidoras nesses locais, os resíduos vão se incorporar ao aquífero. Pesquisa do LGGM realizada em 1993 na região metropolitana de Recife identificou nas áreas de recarga do aquífero Beberibe assentamentos de indústrias, favelas, hospitais, cemitérios e lixões, cujas atividades comprometem a potabilidade da água ali con-

centrada. “Como é quase impossível conter o estabelecimento desses núcleos urbanos, é preciso ao menos que eles sejam rigorosamente fiscalizados e controlados”, recomenda Pedrosa.

Apesar de suas vantagens, as águas subterrâneas não devem substituir totalmente as

de superfície, porque em regiões de baixa potencialidade delas são insuficientes para atender à demanda de consumo humano, irrigação, pecuária, indústria e agroindústria. O que os geólogos defendem é uma exploração integrada de todos os recursos hídricos.

Num breve balanço, o que se observa é uma crescente exploração das águas subterrâneas em todo o mundo. No que diz respeito à irrigação, a Líbia é quem mais utiliza esse recurso (100%), seguida da Argélia (67%), Irã (58%) e EUA (45%). Na Índia, 31 milhões de ha são irrigados com água do subsolo. Para consumo humano, as águas subterrâneas respondem pela demanda total na Arábia Saudita, Dinamarca e Malta. Áustria, Alemanha, Bélgica, França, Hungria, Itália, Holanda, Suíça, Rússia e Marrocos suprem mais de 70% de suas necessidades nesses aquíferos.

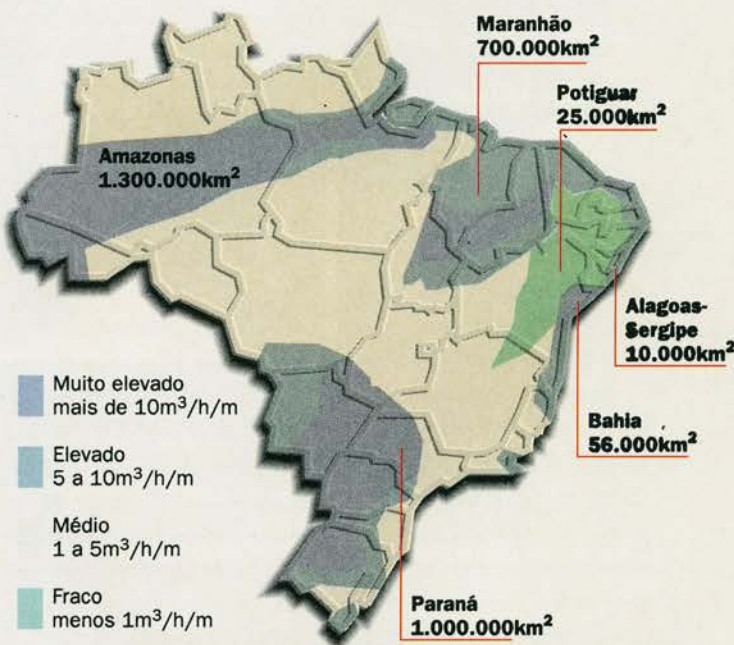


Figura 3. Potencialidades médias de água subterrânea no Brasil.

Os poços tubulares

A perfuração de um poço deve ser precedida de um projeto que siga a legislação e obedeça às prescrições baixadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas. É fundamental, por exemplo, que a parte superior do poço seja protegida por uma laje de cimento para impedir sua contaminação por águas superficiais poluídas. Só nessas condições se obtém licença para a exploração do aquífero.

Os tipos de poços variam segundo a rocha em que se encontram. Em terreno sedimentar, poroso e permeável, sua construção é mais trabalhosa por exigir perfuração mais



Figura A. Estrutura de um poço tubular profundo em aquífero sedimentar.

larga, revestimento interno, além de filtros especiais no interior da tubulação e pré-filtros entre o furo e os tubos. A maior parte das impurezas provenientes da degradação do arenito fica retida nessas seções filtrantes (figura A). No terreno cristalino, a água surge das fraturas da rocha, e o poço nele construído é mais simples, dispensando filtros e tubulação interna (figura B). Segundo a Associação Brasileira de Águas Subterrâneas, a perfuração de um poço tubular com cerca de 130 m de profundidade custa, hoje, aproximadamente 20 mil reais.

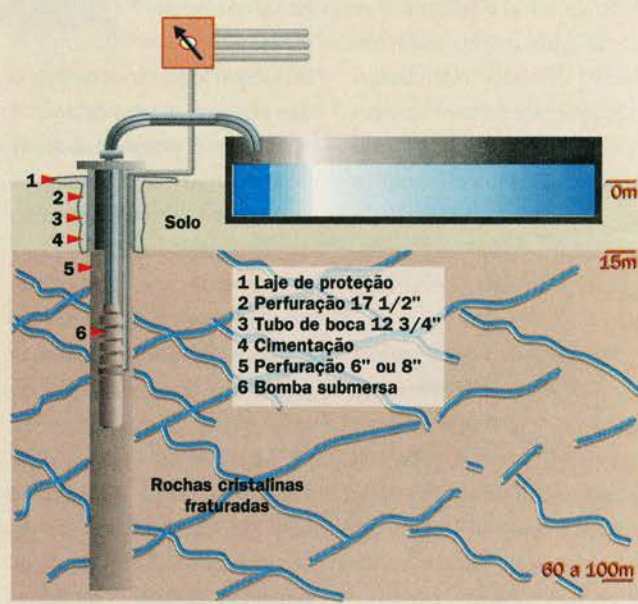


Figura B. Estrutura de um poço tubular em aquífero cristalino.

No Brasil, dados do IBGE revelam que 61% da população utiliza água subterrânea: 6% de poços rasos, 12% de nascentes e 43% de poços profundos. São Paulo é o estado que mais aproveita esses recursos. No Nordeste, apesar do dramático problema da seca nunca houve maior aproveitamento de seus aquíferos, mas as cidades de Maceió, Natal e Mossoró (RN) são totalmente abastecidas pela água de poços. No Piauí, 84% dos municípios conso-

mem água subterrânea, além de cinco mil hectares irrigados no vale do Gurguéia. No Maranhão, 76% da população explora seus aquíferos, e a construção de uma barragem subterrânea em São Mamede (PB) viabilizou a produção e a exportação da manga cultivada em 50 ha de terra irrigada. Em Recife são consumidos anualmente cerca de 63 mil m³ de água subterrânea, 2% do fornecimento total.

As águas subterrâneas em geral são de boa qualidade

para consumo humano e dispensam tratamento, por estar naturalmente protegidas dos agentes poluidores, que atingem as fontes superficiais. Sua captação, no entanto, precisa ser criteriosa para que o custo-benefício seja alcançado em sua plenitude. "Um poço bem construído, que obedece às prescrições da Associação Brasileira de Normas Técnicas, tem vida útil média de 30 anos. No caso de escavações profundas, a amortização dos investimen-

tos se dá em 1/3 desse período", garante Waldir Costa. Fábio Pedrosa diz que quanto mais profunda, melhor a água, e aconselha que nas regiões metropolitanas das grandes cidades, em geral com sérios problemas de esgoto, a captação da água seja feita a pelo menos 100 m da superfície.

Jorge Costa

Agência Meio/Universidade Federal de Pernambuco.

Águas subterrâneas em São Paulo

A água escondida no subsolo pode ajudar a resolver o problema de abastecimento

A cidade de São Paulo, a terceira mais populosa do mundo, vive às voltas com problemas de fornecimento de água, principalmente no verão, quando a prefeitura se vê obrigada a implantar um sistema de rodízio de abastecimento entre os bairros. Para a população da periferia, assentada nos pontos extremos da rede de distribuição, a falta d'água é uma dor de cabeça que incomoda durante todo o ano.

Nenhum dos rios que banham a Grande São Paulo se presta hoje ao abastecimento humano. Por isso, a água consumida na cidade vem sendo captada a mais de 100km, em rios como o Piracicaba, cujos níveis de poluição por esgotos domésticos e resíduos industriais também são preocupantes. Num quadro tão desolador, o uso de água subterrânea para abastecimento doméstico e industrial surge como solução paliativa eficiente, enquanto o poder público não toma decisões capazes de deter a poluição e recuperar os reservatórios superficiais – essa sim uma medida realmente eficaz.

“Não se trata de substituir uma forma de abastecimento por outra, mas de combiná-las para atender adequadamente a população”, defende o geólogo João Carlos Simanke, da Companhia de Saneamento

Básico de São Paulo (Sabesp). É preciso, segundo ele, definir um programa de aproveitamento da água subterrânea com investimentos e infraestrutura, além de controlar o uso e preservar seus estoques. Só assim é possível manter uma reserva estratégica para enfrentar a escassez, guerras ou acidentes ambientais.

Em parte a recomendação do geólogo da Sabesp vem sendo posta em prática, mais por força da necessidade do que em consequência de ações políticas. Os custos de construção de adutoras gigantes e de tratamento de águas superficiais são em geral superiores aos gastos com abastecimento por água subterrânea. “A economia que se faz é muito significativa”, garante Simanke. Ele cita o exemplo do município de Presidente Prudente (SP), que optou por explorar seus lençóis subterrâneos em vez de construir nova adutora para reforçar o sistema de abastecimento.

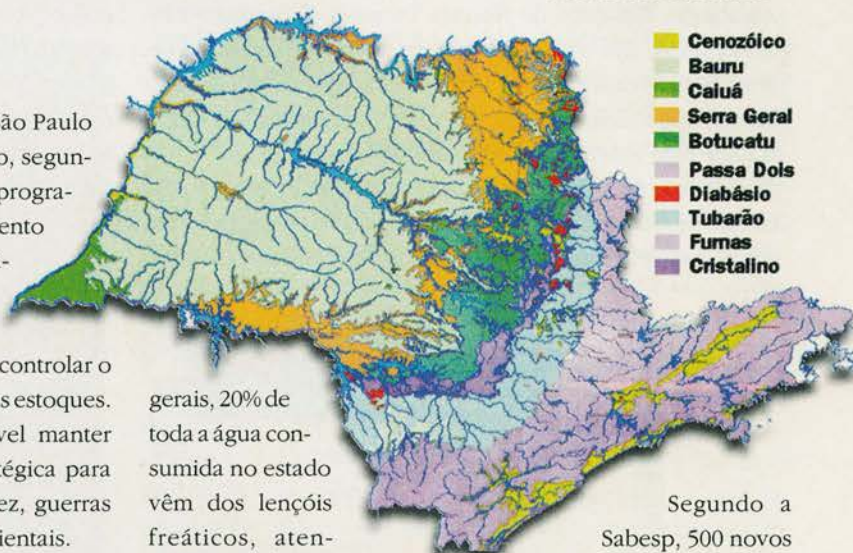
Embora o uso de água subterrânea seja a opção mais barata para cidades de pequeno porte, apenas 40% dos 570 municípios paulistas optaram por essa forma de abastecimento. Na maioria deles o fornecimento é feito por águas de superfície. Em números

gerais, 20% de toda a água consumida no estado vêm dos lençóis freáticos, atendendo cerca de seis milhões de pessoas. Parece pouco para um estado cuja população gira em torno de 30 milhões de habitantes, mas o dado não chega a desanimar os técnicos, que admitem a possibilidade de inversão desses valores, alcançando cerca de 80% do abastecimento feito com água subterrânea.

A água escondida no subsolo vem se apresentando também como uma alternativa mais econômica para uso industrial. Um levantamento da Sabesp estimou em cerca de 20 mil o número de poços do estado, a maioria deles furados pela iniciativa privada para atender as demandas da indústria. Mas esses dados não são confiáveis, já que a maior parte dos poços funciona clandestinamente, fugindo à fiscalização e ao pagamento de taxas.

Os números revelam o interesse crescente pela exploração de águas subterrâneas.

Principais aquíferos do Estado de São Paulo.



Segundo a Sabesp, 500 novos poços são abertos por ano na capital paulista, onde atuam 50 empresas perfuradoras. A própria Sabesp mantém 1.359 poços para atendimento de emergência em pequenos municípios e bairros mais afastados da cidade.

Com base em levantamentos técnicos feitos por diversos órgãos oficiais, os especialistas atestam que o Brasil, de modo geral, tem grande vocação hidrogeológica. Cerca de 1/4 do Estado de São Paulo, por exemplo, é formado por rochas cristalinas e o restante, com maior potencial de exploração de água subterrânea, por sedimentos da bacia do Paraná.

O maior e mais notável aquífero de São Paulo é o Arenito Botucatu, que aflora numa área de 16 mil km² e cobre a metade ocidental do estado. Na região metropolitana da capital os domínios aquíferos, do tipo sedimentar e cristalino, possibilitam a ex-

Domínio hidrogeológico	Extensão (km ²)	Reserva permanente (milhões de m ³)	Reservas reguladoras (milhões de m ³ /ano)	Disponibilidades (m ³ /s)
ROCHAS CRISTALINAS	6.599	9.898	2.343	18
ROCHAS SEDIMENTARES	1.452	8.857	898	7
TOTAL	8.051	18.755	3.241	25

Figura 2. Disponibilidade de água subterrânea na região metropolitana de São Paulo.

plotação de 25m³/s. Segundo João Carlos Simanke, o sistema tem capacidade para atender nove milhões de pessoas, considerando-se a taxa média de consumo de 200 l diários por habitante e o limite inferior de exploração, que é de 25% das reservas reguladoras. O limite superior é de 50%.

De modo geral, não há restrições para o consumo doméstico de água subterrânea, que é de excelente qualidade na região metropolitana de São Paulo, onde predomina uma água do tipo bicarbonatada cálcica. Em alguns poços mais profundos, entretanto, a Sabesp constatou a presença de ferro e manganês em teores restritivos. Composição química restritiva também têm as águas de poços abandonados, mal construídos ou perfurados em áreas poluídas por esgotos domésticos. A situação desses poços é preocupante, pois eles podem con-

taminar todo o aquífero.

É nesse ponto que o debate sobre a exploração dos reservatórios subterrâneos esbarra em sua faceta mais polêmica, os riscos da contaminação. Embora considerada reserva estratégica, a água subterrânea não é protegida contra a poluição. Muitos poços são perfurados inadequadamente e não recebem selagem sanitária.

É um equívoco acreditar que, por estar no subsolo, a água subterrânea está livre de contaminação. Segundo Sérgio Gouveia e José Albuquerque Filho, pesquisadores do Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo, a instalação de lixões e cemitérios, o despejo de esgotos domésticos e industriais e o uso abusivo de agrotóxicos são responsáveis pela contaminação de parcelas expressivas do aquífero nas grandes cidades. Até os órgãos oficiais que

controlam a poluição e o abastecimento de água já admitem a contaminação. No "Plano Estadual de Recursos Hídricos de São Paulo", admite-se que em inúmeros poços perfurados nas várzeas dos rios Tietê, Pinheiros e Tamanduateí há indícios de poluição.

Temendo a contaminação das águas subterrâneas, a Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental de São Paulo (Cetesb), que zela pela qualidade dos recursos hídricos do estado, também alerta para a necessidade de fiscalização constante. Aliás, em relatório preparado no final da década de 70, técnicos da Cetesb já afirmavam que a contaminação dos poços podia ser claramente percebida, sobretudo nas proximidades de aglomerações urbanas e industriais, onde efluentes e águas superficiais poluídas penetram nos aquíferos.

Outro aspecto que preo-

cupa os especialistas é a falta de tecnologia para a descontaminação da água subterrânea. Além das dificuldades técnicas para despoluição de um poço, o custo de um tratamento como esse é tão elevado que inviabiliza sua realização. Preservar os aquíferos é a medida mais racional, recomendada o "Diagnóstico Hidrogeológico da Região Metropolitana de São Paulo", preparado em 1994 pelo Instituto de Geociências da USP e pela Sabesp. Os pesquisadores sugerem o gerenciamento integrado das águas subterrâneas, lamentam que os governantes não se interessem por estudos mais detalhados e temem que, à semelhança do que ocorreu com a reserva superficial de água, os estoques estratégicos também venham a degradar-se.

Vera Rita Costa

Ciência Hoje/São Paulo.

FONTE: SABESP/INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS-USP (1994)

LEIA E ASSINE

2 9 5 - 4 8 4 6
2 7 0 - 0 5 4 8



DESENVOLVIMENTO



SUS... O QUÊ?

Sustentado. De sustentar. Conservar. Desenvolvimento, no Maranhão, é assim: centrado no homem maranhense e na preservação das reservas naturais. O novo Governo do Estado está comprometido com a preservação da maior diversidade de ecossistemas do Brasil, o segundo maior litoral do país, florestas, cerrado, pântanos...

Para preservar tudo isso, já foram criadas 14 Áreas de Proteção Ambiental (25% do território maranhense!), cobrindo uma área pouco menor do que o Estado de Santa Catarina, sem contar que foi o primeiro estado a declarar todo o litoral Área de Preservação Permanente e o primeiro a criar o Código Estadual de Proteção Ambiental. Além disso, o Governo do Maranhão criou o Jardim Botânico, pioneiro em todo o Nordeste. E a nova Secretaria da Ciência e Tecnologia pesquisa as formas mais adequadas de aproveitar as potencialidades do estado.

Não é à toa que a Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência vai se reunir em São Luís, de 9 a 14 de julho.

E vai se reunir para discutir Desenvolvimento Sustentável.

Que o Maranhão seja uma bela descoberta para os cientistas brasileiros. Que aqui se consagre a descoberta de um novo tempo.



Maranhão, um lugar c

GRANDE LABORATÓRIO.

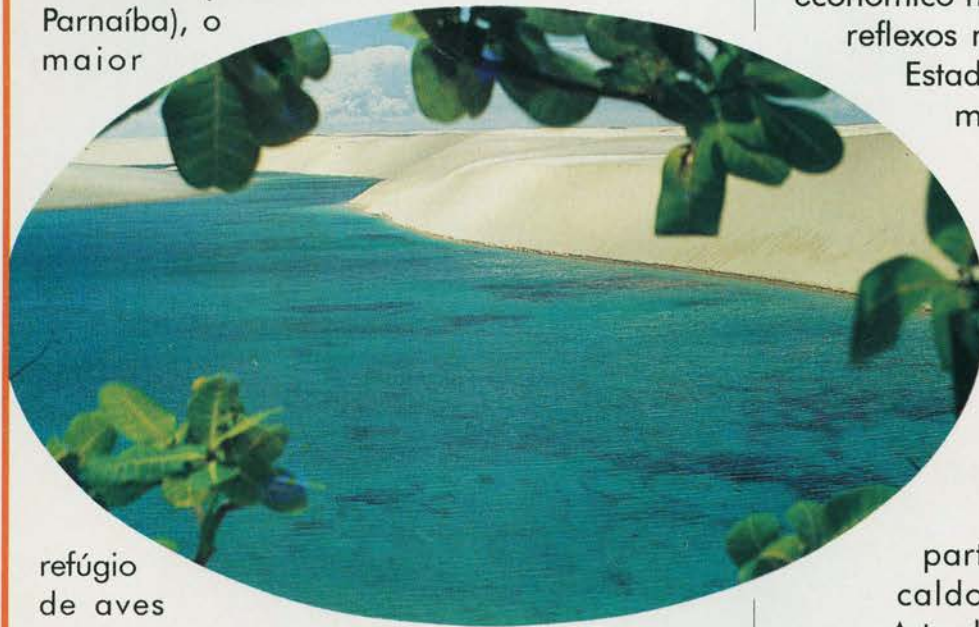
Nordeste. Amazônia. Centro-Oeste.

O Maranhão é tudo isso e muito mais.

É o segundo maior litoral do país, com 640 quilômetros de costa. E é uma das maiores biodiversidades, reunindo ecossistemas distintos: floresta amazônica, cerrados, pântanos...

Por isso, o Maranhão é um grande laboratório natural.

Possui o maior banco de corais - o Parque Estadual Marinho do Parcel de Manuel Luís - e a maior área protegida de cerrados da América do Sul. Tem o único delta em mar aberto das Américas (o Delta do Rio Parnaíba), o maior



refúgio

de aves

migratórias e o

maior conjunto de lagos e lagoas naturais do Nordeste (a Baixada Maranhense). Sem contar o maior e mais belo conjunto de dunas do mundo - o Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses, um deserto com lagoas de águas doces e cristalinas formadas pelas chuvas. O Maranhão tem, também, a maior área de babaçuais e de manguezais do Brasil e uma das mais ricas e desconhecidas áreas de floresta amazônica.

São mais de 400 ilhas e 20 bacias hidrográficas. São 14 Áreas de Proteção Ambiental e 16 áreas indígenas, que garantem proteção especial a 25% do território maranhense, incluindo toda sua costa.

GRANDE ALEGRIA

O Maranhão já nasceu diferente.

Conquistado pelos franceses, disputado por holandeses e colonizado pelos portugueses, ganhou importância estratégica para a Coroa de Portugal pela localização geográfica privilegiada e pelas imensas riquezas que possuía. O tratamento especial dos colonizadores permitiu um grande apogeu econômico nos séculos XVIII e XIX, com fortes reflexos na formação social e cultural do

Estado. São Luís chegou a ser uma das maiores e mais ricas cidades do País e exibia orgulhosamente o título de "Athenas Brasileira", com contribuições importantes na literatura, na política, no jornalismo, na música, no magistério, nas ciências.

A forte presença de negros, somada à expressiva contribuição dos imigrantes da segunda metade do século XIX - particularmente árabes, forjaram o caldo de uma cultura emocionante. A tradição cultural ficou como o maior patrimônio. Além de um dos mais valiosos



e grandes descobertas.

conjuntos arquitetônicos, que tornam especiais cidades como São Luís e Alcântara, além da recente mas já enraizada e disseminada vocação para o reggae, é contagiante sua cultura popular. O folclore, a comida, o espírito prazeroso e a contagiante vocação lúdica explodem em cores, odores, sons e sabores durante o reinado de uma das mais belas e cativantes manifestações folclóricas do Brasil: o Bumba-Meu-Boi, atração maior das festas juninas no Maranhão.

GRANDE INVESTIMENTO

O Maranhão oferece as melhores oportunidades de investimentos no Brasil. Tem grande disponibilidade de matérias-primas e infra-estrutura, recursos naturais, transporte e energia.

As opções são infinitas. Da agricultura de grãos - o cerrado maranhense proporciona taxas de produtividade invejáveis, até a siderurgia. Do turismo ao beneficiamento de madeira, papel, celulose. Da pesca às mais diversas manufaturas.

O Porto do Itaqui é um dos mais modernos do país e o mais próximo dos grandes centros consumidores do mundo.

Não é à toa que três dos maiores projetos de



desenvolvimento regional do Brasil encontram-se instalados e em operação no Maranhão. Nos últimos dez anos, o Estado recebeu investimentos na ordem de 10 bilhões de dólares, graças a projetos como o Corredor Centro-Norte de Desenvolvimento Integrado

(composto pelas estradas de ferro Carajás e Norte-Sul - ambas operados pela Companhia Vale do Rio Doce), com um volume de cargas superior a 50 milhões toneladas/ano, o Consórcio Alumar, o maior produtor de alumina e alumínio do mundo e o Centro de Lançamentos Aeroespaciais de Alcântara, maior centro de tecnologia espacial do país.



GRANDE FUTURO

A principal preocupação do novo Governo do Maranhão é a implantação de uma política de desenvolvimento sustentável, centrado no homem, na preservação dos recursos naturais estratégicos, na pesquisa, na tecnologia, na geração de empregos e renda.

Uma das primeiras medidas foi a criação da Secretaria de Estado de Ciência e Tecnologia que tem como principal missão encontrar soluções para os problemas do Estado, a partir de sua realidade sócio-econômica, cultural e ambiental.

É por isso que o Governo está investindo parcela do orçamento estadual na Fundação de Amparo à Pesquisa do Maranhão, resgatando o ensino básico e instrumentalizando as universidades e centros de treinamento para melhorar a qualidade de seus recursos humanos.

Com os pés fincados em solo pródigo, com a alma embalada em ricas tradições culturais e com o olhar voltado para o futuro, o Maranhão está começando a viver um novo tempo.



A PESQUISA NO BRASIL

Parte II - DESEMPENHO

Reinaldo Guimarães

Professor do Instituto de Medicina Social da UERJ,
Pesquisador Visitante do CNPq.

Gerson Galvão

Superintendente de Planejamento do CNPq.

Geraldo M. Martins

Técnico da Coordenação de Planejamento,
Acompanhamento e Avaliação do CNPq.

Ricardo Lourenço

Consultor do CNPq.

Ricardo Prudente

Chefe do Serviço de Apoio ao Usuário
da Superintendência de Informática do CNPq.

**O SIMURG É UM PÁSSARO IMORTAL QUE FAZ NINHO
NOS RAMOS DA ÁRVORE DA CIÊNCIA;**

**FLAUBERT (...) O DESCREVE COMO UM PÁSSARO
DE PLUMAGEM ALARANJADA E METÁLICA,
DE CABECINHA HUMANA,
DOTADO DE QUATRO ASAS,
DE GARRAS DE ABUTRE E DE IMENSA CAUDA
DE PAVÃO-REAL...**

JORGE LUIS BORGES E MARGARITA GUERRERO.

O LIVRO DOS SERES IMAGINÁRIOS.

A PESQUISA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA REALIZADA NO BRASIL ABARCA PRATICAMENTE TODAS AS ESPECIALIDADES EXISTENTES, É MUITO CONCENTRADA GEOGRÁFICA E INSTITUCIONALMENTE E É, TOMADA EM SEU CONJUNTO, POUCO PRODUTIVA. POR OUTRO LADO, ESTÁ COMPLETAMENTE PROFISSIONALIZADA, DESENVOLVE-SE QUASE SEMPRE EM GRUPOS, É PREDOMINANTEMENTE CIENTÍFICA E BÁSICA E APRESENTA DIFERENÇAS SIGNIFICATIVAS SEGUNDO AS DIFERENTES GRANDES ÁREAS DO CONHECIMENTO. ESSAS SÃO ALGUMAS DAS CONCLUSÕES A QUE CHEGOU A ANÁLISE DOS DADOS DA PRIMEIRA VERSÃO DO DIRETÓRIO DOS GRUPOS DE PESQUISA NO BRASIL, REALIZADA EM 1993 E CUJOS RESULTADOS SÃO AQUI APRESENTADOS.

NA PRIMEIRA PARTE, PUBLICADA NO NÚMERO ANTERIOR DE **CIÊNCIA HOJE** (Nº 109, MAIO/95), FORAM APRESENTADAS A ORGANIZAÇÃO DOS GRUPOS DE PESQUISA, SUA DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA E INSTITUCIONAL, A COMPOSIÇÃO EM TERMOS DE RECURSOS HUMANOS E QUAIS AS ÁREAS DO CONHECIMENTO E SETORES DE ATIVIDADE A QUE SE DEDICAM. TROUXE AINDA UMA COMPARAÇÃO ENTRE OS DADOS DO DIRETÓRIO E OS DE UMA PESQUISA PATROCINADA PELA UNESCO E FINEP EM 1983, UMA DÉCADA ANTES.

NESTE NÚMERO, **CIÊNCIA HOJE** PUBLICA A SEGUNDA PARTE DA PESQUISA, QUE APRESENTA O DESEMPENHO DOS GRUPOS ANALISADOS ENTRE 1990 E 1992.

O DESEMPENHO DA PESQUISA

O Diretório possibilitou quantificar a produção total dos grupos no triênio 1990-1992, segundo os itens tradicionais: artigos publicados em periódicos nacionais; artigos publicados em periódicos estrangeiros; livros; capítulos de livros; produtos e processos tecnológicos; teses de doutoramento e dissertações de mestrado desenvolvidas sob orientação de membros do grupo. Com a apuração de um total de 40.516 artigos, foram obtidas as relações de 0,6 artigo/ano/pesquisador indexado; 1,2 artigo/ano/pesquisador doutor e 2,4 artigo/ano/líder de grupo de pesquisa. É importante esclarecer, entretanto, que esses números, bem como os subseqüentes, expressam meras relações aritméticas, com vistas a indicar uma tendência central. Nem todos os líderes assinaram todos os artigos do grupo, como se poderia, equivocadamente, depreender.

Do total de artigos, 25.296 (62,4%) foram publicados em periódicos nacionais e 15.220 (37,6%) em periódicos estrangeiros. Essas duas últimas proporções sugerem uma tendência crescente de publicação em revistas estrangeiras. Moura Castro mostrou, para o ano de 1982, a partir da base de dados da Capes, que apenas 25% dos artigos foram publicados em revistas estrangeiras. Segundo os números do Diretório, foram editados também 6.377

livros e capítulos de livros, indicando que cada grupo de 10 pesquisadores publicou, em média, um livro ou capítulo de livro por ano. Foram registradas ainda 14.396 teses e dissertações orientadas por membros dos grupos de pesquisa e defendidas. Essa é outra medida da reprodução dos pesquisadores, sendo que a taxa obtida de 1,4 tese ou dissertação defendida para cada pesquisador doutor em três anos pode ser considerada baixa. Tomando-se como unidade de análise o grupo de pesquisa, essa taxa corresponde a 2,6 mestres e 0,65 doutores formados no triênio para cada grupo. Finalmente, a base de dados detectou o desenvolvimento de 4.078 produtos e processos tecnológicos, com ou sem patente registrada.

INDÍCIOS DE BAIXA PRODUTIVIDADE

A primeira impressão desse panorama é a de uma muito baixa produtividade dos grupos inventariados. No entanto, não é simples avaliar o significado real desses números, em decorrência da enorme heterogeneidade que eles comportam. Num plano geral, ela está presente nas regiões, instituições e áreas do conhecimento. Sob uma perspectiva mais individualizada, há diferenças na produtividade inter e intragrupos. Por outro lado, a heterogeneidade também diz respeito à qualidade e relevância do que se produz. Os dados disponíveis não são, entretanto, os mais adequados para uma avaliação destes últimos aspectos.

Tomando-se como indicador a publicação de artigos em periódicos especializados nacionais ou estrangeiros, verifica-se que a concentração dessa produção na região Sudeste é maior do que a distribuição de grupos de pesquisa, pesquisadores e linhas de pesquisa, conforme mostram os dados da Tabela 21.

Tabela 21. Distribuição percentual do número de pesquisadores, grupos de pesquisa, linhas de pesquisa existentes e artigos publicados em periódicos especializados nacionais e estrangeiros, segundo região geográfica. 1990-1992.				
	Pesquisadores	Grupos	Linhas	Artigos
Centro-Oeste	5,0	4,2	4,3	4,4
Norte	1,7	1,7	1,8	1,2
Nordeste	10,4	9,9	8,9	6,8
Sudeste	67,0	68,5	69,4	74,6
Sul	15,1	15,7	15,6	13,0
Total	100,0	100,0	100,0	100,0

Examinando ainda a distribuição regional da publicação de artigos, observa-se que a produtividade anual, *per capita* é maior na região Sudeste, com 0,7 artigo, sendo 0,4 em periódico nacional e 0,3 em estrangeiro. Seguem-se as regiões Sul e Centro-Oeste, com 0,5 artigo/pesquisador/ano (respectivamente 0,3 e 0,2 em periódico nacional e estrangeiro). Finalmente as regiões Nordeste e Norte, com 0,4 artigo/pesquisador/ano (0,3 artigo/ano em periódico nacional e 0,1 em estrangeiro).

PRODUTIVIDADE ENTRE AS GRANDES ÁREAS VARIA CONFORME OS TIPOS DE PRODUTO

A distribuição dos artigos publicados segundo as grandes áreas do conhecimento mostra que as Ciências Biológicas foram responsáveis por 20,1% do total de publicações. As Exatas e da Terra (18,6%), Humanas e Sociais (18,0%) e Agrárias (17,3%) formam um segundo patamar. As Ciências da Saúde publicaram 14,2% do total de artigos e, finalmente, as Engenharias foram responsáveis por 11,8%. Essas proporções dizem muito pouco, pois são afetadas pelo tamanho de cada grande área e pelo balanço entre publicações em periódicos nacionais e em periódicos estrangeiros em cada uma delas. Procurando superar esses vieses, é apresentado na Tabela 22, para cada grande área, o número de artigos, *por pesquisador*, discriminando-se os artigos conforme publicação em periódicos nacionais ou estrangeiros.

Tabela 22. Artigos publicados em periódicos nacionais e estrangeiros, por pesquisador, segundo as grandes áreas do conhecimento. 1990-1992.			
	Periódicos Nacionais	Periódicos Estrangeiros	Total
Agrárias	1,7	0,3	2,0
Biológicas	1,0	0,9	1,9
Saúde	1,4	0,5	1,9
Exatas e da Terra	0,6	1,4	2,0
Engenharias	0,8	0,5	1,3
Humanas e Sociais	1,3	0,3	1,6

A primeira evidência é que a produtividade não acompanha os índices de cada grande área na produção de artigos. A rigor, a única concordância diz respeito às Engenharias que apresentam o menor número de artigos e a menor produtividade dentre todas as grandes áreas.

Assim, as Ciências Exatas e da Terra, Agrárias, Biológicas e da Saúde estão todas num mesmo patamar, em torno de dois artigos por pesquisador no triênio. Num outro patamar, estão as Ciências Humanas e Sociais, com 1,6 artigo/pesquisador/triênio. Finalmente, as Engenharias, com 1,3 artigo.

GRANDES ÁREAS APRESENTAM DIFERENTES PERFIS DE PUBLICAÇÃO

É interessante verificar a maneira pela qual se distribui a produtividade pelas grandes áreas, examinando a desagregação dos dados segundo os veículos de publicação, nacionais e estrangeiros. Nesse caso, observa-se a existência de padrões inteiramente distintos, havendo uma grande área (Exatas e da Terra), onde a preferência é nitidamente pelos periódicos estrangeiros. Em outra (Ciências Biológicas), verifica-se um equilíbrio entre os dois tipos de veículos, e nas demais grandes áreas a preferência orienta-se, com nitidez, para os periódicos nacionais.

Essas observações confirmam suspeitas antigas, oriundas de verificações parciais feitas no país, ou de evidências oriundas do exterior. Assim, é justificável que as Engenharias tenham baixas produção e produtividade em relação às demais grandes áreas se a mensuração tem por base o número de artigos publicados. É provável que o produto final da pesquisa em engenharia não se traduza em um artigo com a mesma frequência das demais grandes áreas. Por outro lado, constata-se a existência de um tipo de pesquisa de circulação mais internacional e de outro tipo, de âmbito mais doméstico. Ficou evidenciado, também, que o tipo de circulação mais ampla está localizado predominantemente nas duas grandes áreas responsáveis pela maior parte da pesquisa científica básica – as Ciências Exatas e da Terra e as Ciências Biológicas – e o outro tipo, de circulação predominantemente nacional, está localizado nas grandes áreas de aplicação ou tecnológicas.

PRODUTOS E PROCESSOS TECNOLÓGICOS TÊM PARTICIPAÇÃO PEQUENA E DESEQUILIBRADA

Na outra “ponta” da atividade de pesquisa, estão os produtos e processos tecnológicos (com ou sem patente registrada) que os grupos declararam ter desenvolvido no

período. Aqui, o panorama é inteiramente distinto daquele observado na publicação de artigos. Em primeiro lugar, a escala de produção é muito menor. Enquanto foram informados cerca de 40 mil artigos no triênio, os produtos e processos desenvolvidos no período foram apenas de 4 mil. Em segundo lugar, há um forte desequilíbrio entre o desenvolvimento de produtos e o desenvolvimento de processos (pouco mais de dois produtos para cada processo desenvolvido). Em terceiro lugar, conforme pode-se ver na Tabela 23, as grandes áreas do conhecimento com conteúdo mais tecnológico dominam amplamente as atividades de desenvolvimento.

Tabela 23. Distribuição percentual do desenvolvimento de produtos e processos tecnológicos com ou sem patente obtida, segundo a grande área do conhecimento. 1990-1992.

	Produtos	Processos	Total
Agrárias	31,5	24,1	29,3
Biológicas	7,1	10,9	8,2
Saúde	5,5	5,6	5,5
Exatas e da Terra	15,1	14,9	15,0
Engenharias	40,8	44,5	42,0
Total	100,0	100,0	100,0

A grande área das Ciências Humanas e Sociais foi retirada porque a quase totalidade dos produtos e processos aí referidos não possui características de desenvolvimento tecnológico.

As grandes áreas das Engenharias e das Ciências Agrárias, onde a inclinação tecnológica está mais presente, são responsáveis por pouco mais de 70% de toda a atividade de desenvolvimento. Apenas as Engenharias chegam a mais de 40% dessas atividades. É, por outro lado, surpreendente a pequena participação das Ciências Biológicas, bem abaixo das Ciências Exatas e da Terra. Surpreendente e preocupante, pois sugere dificuldades nas atividades ligadas à Biotecnologia dirigida à saúde humana. Os grupos relataram a existência de 1.994 linhas de pesquisa na grande área das Ciências Biológicas que eram relacionadas ao setor de atividade “Biotecnologia”. Destas, 1.055 eram linhas biotecnológicas nas áreas da Bioquímica, Microbiologia e Genética. É difícil interpretar as razões por que apenas uma em cada oito linhas biotecnológicas chegou ao desenvolvimento de um produto ou processo no período de três anos. A preocupação é ainda maior se considerado o fato de ter sido computado o desenvolvimento de quaisquer produtos e processos tecnológicos, independente da solicitação ou registro de patente.

A produtividade das grandes áreas no que se refere ao desenvolvimento de produtos e processos acompanha, de modo geral, a produção bruta. Um em cada 2,8 pesquisadores na grande área das Engenharias; 3,6 nas Agrárias; 7,7 nas Exatas e da Terra e 16,7 nas Ciências da Saúde, bem como nas Biológicas, desenvolveram um produto ou processo no triênio. Os dados *per capita* estão na Tabela 24.

Tabela 24. Produtos e processos tecnológicos desenvolvidos por pesquisador, segundo as grandes áreas do conhecimento. 1990-1992.			
	Produtos	Processos	Total
Agrárias	0,21	0,07	0,28
Biológicas	0,04	0,02	0,06
Saúde	0,04	0,02	0,06
Exatas e da Terra	0,09	0,04	0,13
Engenharias	0,25	0,11	0,36

PERFIL DOS GRUPOS MAIS PRODUTIVOS

Os indicadores de desempenho apresentados até agora dizem respeito a todos os grupos de pesquisa identificados e, portanto, incorporam sem distinção a imensa heterogeneidade existente no parque científico e tecnológico brasileiro. Os números que serão expostos a seguir dizem respeito apenas aos *grupos mais produtivos* do universo

inventariado. Para isso, foi selecionado, para cada grande área do conhecimento e para cada produto especificado, o decil superior em termos de produtividade (produto especificado/pesquisador pertencente ao grupo). Em outras palavras, os números dizem respeito aos 10% dos grupos mais produtivos da pesquisa brasileira, entre 1990 e 1992, indexados na base de dados do Diretório.

Os primeiros dados distinguem esses grupos em cada grande área e para alguns dos produtos investigados. Em situações onde a distribuição é intensamente desviada à esquerda, como ocorre para produtos pouco típicos numa determinada grande área, o decil superior inclui grupos com produção já próxima a zero. Por esse motivo, o conceito de *grupos mais produtivos*, neste primeiro tratamento, não corresponde exatamente ao decil superior sendo, na maioria das vezes, mais restrito do que ele. Optou-se por estabelecer, arbitrariamente, alguns padrões elevados de produtividade e verificar como se distribuem os grupos acima e abaixo desses padrões. O número de grupos mais produtivos para cada grande área e para alguns produtos é apresentado pela Tabela 25.

De um ponto de vista quantitativo, esse é o segmento de mais alto desempenho na atividade de pesquisa no Brasil. As marcas estabelecidas para que se faça parte dele são rigorosas, mas estão longe de ser excessivas ou absurdas. Um e dois artigos/pesquisador/ano em revistas especializadas estrangeiras representam, respectivamente, cinco e 10 vezes a produtividade média para todos os

Tabela 25. Número de grupos mais produtivos e porcentagem em relação ao total de grupos, para cada grande área e segundo alguns tipos de produto. 1990 - 1992.						
Artigos Estrangeiros	Exatas e da Terra	Biológicas	Humanas e Sociais	Saúde	Engenharias	Agrárias
1 Art./Pesq./ano e mais (*)	127 (18,5%)	84 (10,0%)	24 (2,6%)	22 (4,4%)	18 (2,9%)	8 (1,4%)
2 Art./pesq./ano e mais	32 (4,8%)	27 (3,2%)	5 (0,5%)	7 (1,4%)	2 (0,3%)	2 (0,3%)
Artigos Nacionais	Humanas e Sociais	Biológicas	Agrárias	Saúde	Engenharias	Exatas e da Terra
2 Art./Pesq./ano e mais	42 (4,6%)	20 (2,4%)	16 (2,8%)	12 (2,4%)	6 (1,0%)	9 (1,3%)
4 Art./pesq./ano e mais	9 (1,0%)	2 (0,2%)	3 (0,5%)	2 (0,4%)	1 (0,2%)	1 (0,1%)
Livros Completos	Humanas e Sociais	Exatas	Biológicas	Engenharias	Agrárias	Saúde
1 Livro/Pesq./triênio e mais (**)	92 (10,0%)	11 (1,6%)	7 (0,8%)	7 (1,1%)	7 (1,2%)	5 (1,0%)
2 Art./pesq./ano e mais	35 (3,8%)	1 (0,1%)	1 (0,1%)	— (0,0%)	1 (0,2%)	— (0,0%)
Teses de Doutorado	Humanas e Sociais	Biológicas	Exatas e da Terra	Engenharias	Saúde	Agrárias
1 Tese/Pesq./triênio e mais (***)	56 (6,1%)	55 (6,5%)	36 (5,4%)	18 (2,9%)	13 (2,6%)	12 (2,1%)
2 Teses/Pesq./triênio e mais	11 (1,2%)	10 (1,2%)	7 (1,0%)	— (0,0%)	4 (0,8%)	2 (0,3%)
Produtos Tecnológicos	Engenharias	Exatas	Agrárias	Biológicas	Saúde	
1 Produto/Pesq./triênio e mais	59 (9,4%)	22 (3,3%)	21 (3,7%)	9 (1,1%)	5 (1,0%)	

(*) Lê-se: grupos que publicaram um ou mais artigos completos em revistas especializadas estrangeiras, por pesquisador membro do grupo, **por ano**, no triênio 1990-1992.

(**) Lê-se: grupos que publicaram um ou mais livros, por pesquisador membro do grupo, **no triênio** 1990-1992.

(***) Lê-se: grupos que tiveram uma ou mais teses de doutorado orientadas por seus membros defendidas, por pesquisador membro do grupo, **no triênio** 1990-1992.

grupos indexados. Para artigos publicados em revistas nacionais, dois e quatro artigos/pesquisador/ano representam também cinco e 10 vezes a produtividade média do total dos grupos. Um livro por pesquisador por triênio e uma tese de doutoramento por pesquisador por triênio equivalem a 10 vezes as produtividades médias correspondentes. Finalmente, um produto tecnológico desenvolvido por pesquisador por triênio corresponde a cinco vezes a produtividade média.

O que chama a atenção é a brutal mudança de escala entre o número de grupos representados nesse segmento e os números com os quais se vinha trabalhando quando se examinava a totalidade dos dados da base. O enfoque passa das centenas de grupos e milhares de produtos para umas poucas dezenas e, muitas vezes, menos. Com a exceção dos artigos em revistas estrangeiras, nas Ciências Exatas e da Terra (18,5%) e Biológicas (10,0%); dos livros nas Ciências Humanas e Sociais e dos produtos tecnológicos nas Engenharias, cujas presenças situam-se também em torno de 10% do total de grupos (o que já revela uma proporção pequena), as demais proporções são ínfimas. Contam-se nos dedos os grupos presentes em muitas das células da tabela apresentada acima.

Cabe ainda observar que apenas os artigos publicados em revistas são submetidos a uma avaliação prévia independente dos autores. Diferentemente, a decisão de publicar um livro e mesmo a definição do que vem a ser um livro varia muito e não foi controlada por ocasião da coleta dos dados. Do mesmo modo, o conceito de “produto tecnológico desenvolvido” é bastante frouxo, uma vez que não foi apontada qualquer restrição, quando do preenchimento dos formulários (por exemplo, a existência de requisição de patente ou comercialização). Por outro lado, é preciso registrar a diferença entre medir a

produtividade de um pesquisador individualmente – conforme expressa habitualmente em seu *curriculum vitae* – e a do grupo como um todo, expressa por uma relação do tipo *output* por pesquisador por unidade de tempo. Por exemplo, um pesquisador que lidere um grupo “típico” com quatro componentes no total, e que tenha assinado os três artigos que seu grupo produziu e publicou em revistas estrangeiras a cada ano durante o triênio, ostentará em seu currículo a respeitável marca de nove artigos no período. No entanto, a produtividade do grupo, tal qual a estamos medindo, estará abaixo de um artigo/pesquisador/ano. Seu grupo não apareceria na tabela, na linha correspondente às publicações em revistas estrangeiras.

QUAL O PESO DA PRODUÇÃO DOS GRUPOS DE MELHOR DESEMPENHO NA PRODUÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA NACIONAL?

Para esta avaliação há que se voltar aos grupos pertencentes ao decil superior para cada grande área e para produtos selecionados, de onde foi retirado o subconjunto de maior desempenho apresentado na tabela anterior. As porcentagens de produção dos grupos colocados entre os 10% superiores no *ranking* da produtividade, dentro de cada grande área, em relação a produção total da grande área, para alguns produtos selecionados, estão desenvolvidas na Tabela 26.

Alguns números, nessa tabela, são apresentados em negrito para realçar a concentração da produção científica e tecnológica nos grupos pertencentes ao decil superior. Os dados mostram que, para a maioria das grandes áreas e ‘outputs’, mais de 50% da produção nacional está localiza-

Tabela 26. Porcentagem dos Outputs produzidos pelos grupos situados nos 10% superiores em termos de produtividade para cada grande área, em relação aos outputs totais da grande área, para produtos selecionados.

	Artigos Nacionais	Artigos Estrangeiros	Livros	Teses de Doutorado	Produtos Tecnológicos
Agrárias	34,4(*)	48,8	72,9	68,6	82,6
Biológicas	37,7	32,0	96,0	52,2	100,0
Saúde	29,8	44,4	64,8	58,6	100,0
Exatas e da Terra	35,0	34,0	79,2	45,6	89,5
Engenharias	51,4	66,7	92,8	60,5	55,5
Humanas e Sociais	26,6	50,5	37,7	67,2	–

(*) Lê-se: de cada 100 artigos completos publicados em revistas especializadas nacionais entre 1990 e 1992 na grande área das Ciências Agrárias indexados no Diretório, 34,4 foram oriundos dos 10% dos grupos mais produtivos pertencentes a esta grande área.

da nos 10% de grupos mais produtivos. No entanto, as várias colunas da tabela merecem comentários específicos.

Em primeiro lugar, deve-se observar que se um produto determinado é um *output* muito raro numa determinada grande área é de se esperar que poucos grupos dediquem-se à sua produção e, portanto, a concentração seja elevada. O exemplo mais óbvio desse caso é o relativo ao desenvolvimento de produtos tecnológicos na grande área de Ciências Humanas e Sociais, onde pela própria raridade dos mesmos, sequer foram considerados na análise. No extremo oposto, se um *output* é o produto preferencial numa grande área, como são os artigos publicados em revistas especializadas nacionais para a maioria das grandes áreas e os livros nas Ciências Humanas e Sociais a tendência é de uma diminuição da concentração.

No entanto, essa explicação possui um limite de eficácia, que é dado com maior clareza no exame, na tabela, da linha correspondente à grande área das Engenharias e Ciência da Computação. Aí, observa-se que para todos os produtos a concentração está acima de 50%, inclusive o desenvolvimento de produtos tecnológicos, supostamente, o preferencial para esta grande área. Em casos assim, pode-se perguntar com razão: o que está acontecendo nos 90% dos grupos restantes nessa grande área? A mesma pergunta, aliás, com preocupação ainda mais fundada, poderia ser feita para os 90% dos restantes grupos da grande área de Ciências Agrárias, responsáveis pelo desenvolvimento de apenas 18% da totalidade dos produtos tecnológicos da grande área. Para a grande área das Ciências Biológicas, a menor elegibilidade deste tipo de *output* explica a concentração de 100% desse tipo de produto no decil superior. Explica mas não justifica, pois aprofunda as preocupações já mencionadas em outro ponto desse trabalho a respeito do esforço brasileiro no setor da Biotecnologia.

No que se refere ao produto “teses de doutoramento defendidas sob a orientação de membros do grupo”, embora a concentração seja grande, o perfil para as diversas grandes áreas é mais homogêneo do que os demais produtos. Além disso, talvez se encontre justificativa para a existência de tal concentração no processo de reprodução dos pesquisadores, a partir do que parece ser o estágio atual do desenvolvimento científico e tecnológico brasileiro. Reforça essa hipótese o fato de que na grande área mais titulada e consolidada cientificamente, a das Ciências Exatas e da Terra, a concentração observada é a menor de todas as grandes áreas. Talvez, na medida

em que o parque for se consolidando, a concentração possa sofrer alguma diminuição nas demais grandes áreas.

Observando a coluna referente aos livros, constata-se uma clara diferença entre o padrão da concentração na grande área das Ciências Humanas e Sociais e aquele das demais grandes áreas.

A menor concentração lá observada, pode ser consequência de dois fatores. Em primeiro lugar, a grande elegibilidade deste tipo de produto como forma de disseminação de resultados de pesquisa nas Ciências Humanas e Sociais. Corrobora essa assertiva a existência, no Diretório, de mais livros publicados nessa grande área do que a soma dos livros publicados pelos grupos pertencentes à todas as demais. Mas, talvez, em virtude dessa mesma elegibilidade, o produto denominado livro tenha uma extensão conceitual maior nas Ciências Humanas e Sociais incluindo, muitas vezes, a edição doméstica (no próprio departamento, programa de pós-graduação etc.) de relatórios consolidados de pesquisa e outros textos assemelhados, cuja editoração vem sendo enormemente facilitada em consequência da difusão de facilidades eletrônicas. Lamentavelmente, o questionário utilizado no levantamento dos dados não pode fazer esta diferenciação. Nas demais grandes áreas, a concentração decorre, ao contrário, da grande seletividade dessa forma de disseminação de informação científica e tecnológica. Nestas, a autoria de livros (muito menos de capítulos, que não estão em discussão aqui) é fato muito mais raro e reservado a autores e circunstâncias bastante especiais.

Os artigos parecem ser a forma-padrão da disseminação dos resultados de pesquisa científica no mundo todo, em todas as áreas do conhecimento. Num parque científico e tecnológico com as características do brasileiro, onde o braço tecnológico é enormemente atrofiado em relação ao científico, os artigos, como visto anteriormente, assumem a primazia quantitativa dentre os produtos disponíveis. Essa parece ser a explicação para a menor concentração observada, de maneira geral, nas duas colunas à esquerda na tabela quando comparadas com as demais. Como seria de se esperar, a coluna correspondente aos artigos publicados em periódicos nacionais apresenta uma concentração menor do que a correspondente aos publicados em periódicos estrangeiros, de modo geral mais seletivos. Naturalmente, discrepam deste padrão as duas grandes áreas nas quais a publicação em periódicos estrangeiros é mais elegível, quais sejam as Ciências Exatas e da Terra e as Ciências Biológicas.

ONDE ESTÃO LOCALIZADOS OS GRUPOS MAIS PRODUTIVOS?

Obviamente, esses grupos estão concentrados na região Sudeste, como ocorre com a distribuição da totalidade dos grupos da base de dados. Observa-se, entretanto, o aumento da concentração, de cerca de 2/3 do total de grupos para cerca de 3/4 quando considerados apenas os grupos mais produtivos. A região Sul mantém sua participação proporcional praticamente inalterada na passagem de uma série para outra e as demais regiões diminuem suas participações. Os dados são apresentados na Tabela 27.

Tabela 27. Participação proporcional (%) do total de grupos de pesquisa e de grupos localizados no decil superior de produtividade segundo a região geográfica e a grande área do conhecimento.

Região	Total de Grupos	Decil Superior
Norte	4,2	1,1
Nordeste	9,9	5,4
Centro-Oeste	4,6	3,6
Sudeste	68,6	74,9
Sul	15,7	15,0
Total	100,0	100,0

Com a desagregação dos dados por grandes áreas, mantendo-se o plano regional de análise, pode-se verificar que, no Sudeste, todas as grandes áreas do conhecimento estão melhor representadas nos 10% mais produtivos, com exceção das Engenharias e Ciência da Computação. Os grupos da região Sul estão melhor representados no decil superior nas grandes áreas das Ciências da Saúde, Engenharias e Ciências Humanas e Sociais. Com exceção das Ciências Agrárias e das Engenharias na região Centro-Oeste, as demais regiões estão sempre pior representadas

no conjunto dos 10% mais produtivos quando comparados com a totalidade dos grupos existentes na base. Os dados são apresentados na Tabela 28.

SÃO PAULO ABRIGA QUASE A METADE DOS GRUPOS MAIS PRODUTIVOS

Quando se aumenta o zoom no enfoque da distribuição espacial dos grupos mais produtivos, no âmbito dos estados da federação, verifica-se, também, que não há surpresas. São Paulo (47,1% dos grupos mais produtivos), Rio de Janeiro (20,3%), Rio Grande do Sul (11,0%) e Minas Gerais (6,8%). Esses estados que já detêm a liderança em termos da totalidade dos grupos de pesquisa, a reforçam quando se trata do decil superior de produtividade. Além disso, somando-se o Distrito Federal, são os únicos estados nos quais a participação proporcional cresce quando se passa da totalidade dos grupos para os grupos mais produtivos. Em todos os demais as proporções são menores quando se leva em conta o conjunto das grandes áreas.

É possível ir um pouco mais adiante nessas observações, examinando a distribuição estadual dos grupos mais produtivos para cada uma das grandes áreas do conhecimento, bem como comparando-a com a distribuição da totalidade dos grupos nos respectivos estados e grandes áreas. A verificação de um crescimento da participação proporcional de um estado numa determinada grande área, quando se passa do total para os 10% dos grupos mais produtivos é uma evidência da importância daquela grande área na pesquisa do estado e pode estar revelando um esforço de fomento que deve ser reconhecido. Apresenta-se, abaixo, para cada grande área do conhecimento, quais os estados onde se observa uma concentração de

Tabela 28. Participação proporcional (%) do total de grupos de pesquisa (T) e de grupos localizados no decil superior de produtividade (D) segundo a região geográfica e a grande área do conhecimento.

Região	Agrárias		Biológicas		Saúde		Exatas		Engenharias		Humanas e Sociais	
	T	D	T	D	T	D	T	D	T	D	T	D
Norte	4,2	2,0	3,2	2,8	0,6	0,5	1,2	1,0	—	—	0,8	0,3
Nordeste	8,7	4,5	7,0	2,5	5,6	3,2	10,7	7,6	9,6	7,3	15,7	7,1
Centro-Oeste	3,8	5,3	3,7	3,1	5,4	3,6	3,2	1,6	2,6	3,4	5,7	4,7
Sudeste	61,7	69,9	72,3	81,5	77,1	80,6	71,0	79,5	74,6	73,5	57,9	64,9
Sul	21,5	18,3	13,8	10,1	11,3	12,1	13,7	10,2	13,2	15,7	20,0	23,1

T = percentagem de grupos no total de grupos de pesquisa. D = percentagem de grupos no decil superior dos grupos de pesquisa.

grupos pertencentes ao decil superior proporcionalmente acima do esperado.

Ciências Agrárias	
RIO GRANDE DO NORTE <i>(significa que o estado alberga 0,9% do total de grupos e 1,2% dos grupos mais produtivos na grande área)</i>	(0,9% para 1,2%)
DISTRITO FEDERAL	(1,9% para 4,9%)
SÃO PAULO	(37,4% para 42,7%)
MINAS GERAIS	(15,2% para 23,2%)
RIO GRANDE DO SUL	(15,0% para 15,4%)
Ciências Biológicas	
DISTRITO FEDERAL	(2,0% para 2,8%)
SÃO PAULO	(51,2% para 55,2%)
RIO DE JANEIRO	(16,1% para 19,3%)
MINAS GERAIS	(4,2% para 6,2%)
Ciências da Saúde	
PERNAMBUCO	(1,4% para 2,7%)
DISTRITO FEDERAL	(1,2% para 3,1%)
SÃO PAULO	(64,5% para 68,9%)
MINAS GERAIS	(2,6 para 4,9%)
RIO GRANDE DO SUL	(6,8 para 9,9%)
Ciências Exatas e da Terra	
PARÁ	(0,7% para 1,0%)
PERNAMBUCO	(2,8% para 3,6%)
BAHIA	(2,1% para 2,3%)
SÃO PAULO	(48,7% para 57,4%)
RIO DE JANEIRO	(18,6% para 19,5%)
RIO GRANDE DO SUL	(8,4% para 8,6%)
Engenharia e Ciência da Computação	
PARAÍBA	(5,3% para 6,1%)
DISTRITO FEDERAL	(2,1% para 2,3%)
GOIÁS	(0,5% para 1,1%)
RIO DE JANEIRO	(25,2 para 31,0%)
MINAS GERAIS	(5,3% para 5,4%)
SANTA CATARINA	(5,6% para 10,0%)
Ciências Humanas e Sociais	
DISTRITO FEDERAL	(3,9 para 4,7%)
RIO DE JANEIRO	(23,6% para 35,1%)
MINAS GERAIS	(4,6% para 5,3%)

O que se verifica, em primeiro lugar, é que são raras as ocorrências de grupos muito produtivos acima do esperado fora do eixo São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Rio Grande do Sul e Brasília. Além disso, quando ocorrem, na maioria das vezes as proporções referem-se a números absolutos de grupos muito pequenos. Por exemplo, os 0,7% do total de grupos nas Ciências Exatas existentes no Pará são cinco grupos e os 0,5% das Engenharias existentes em Goiás são três. Apesar das imensas facilidades de comunicação para troca de informações hoje existentes, esse fato deve ser levado em conta, pois, a existência de

apenas um pequeno número de grupos e, portanto, de pesquisadores pode dificultar a constituição de um ambiente de pesquisa propício ao desenvolvimento da área, possibilitando a atração de novos pesquisadores e a formação de novos e melhores grupos (o que acostumou-se chamar de formação de massa crítica).

No entanto, encontram-se três exceções onde já há um número razoável de pesquisadores e grupos consolidados. São os grupos das Engenharias e Ciência da Computação em Santa Catarina (35 grupos e 176 pesquisadores) e na Paraíba (33 grupos e 141 pesquisadores), bem como os grupos na grande área das Ciências Exatas e da Terra em Pernambuco, com 19 grupos e 72 pesquisadores. Finalmente, deve ser mencionado o grande predomínio de São Paulo no que se refere à pesquisa na grande área de Saúde, com 68,9% dos grupos mais produtivos existentes no país. Se a essa porcentagem, forem agrupados os 10,0% localizados no Rio Grande do Sul, vê-se que quase 80,0% da melhor pesquisa em Saúde no Brasil está localizada nestes dois estados.

EM QUE INSTITUIÇÕES ESTÃO LOCALIZADOS OS GRUPOS MAIS PRODUTIVOS?

Responder a essa questão requer uma maior redução do foco de análise dos dados. Há instituições “especialistas” em termos de grandes áreas (isso é particularmente verdadeiro para as Ciências Agrárias). Por outro lado, conforme já observado, as grandes áreas possuem elegibilidades distintas para diferentes tipos de *outputs*. Por isso, optou-se por apresentar os dados organizados segundo os grupos pertencentes ao decil superior em termos de produtividade para cada uma das seis grandes áreas e para quatro produtos especificados: artigos publicados em periódicos especializados nacionais; artigos publicados em periódicos especializados estrangeiros; livros e capítulos de livros; desenvolvimento de produtos e processos tecnológicos. Serão, pois, 24 listas de instituições com o respectivo número de grupos (a rigor 23, pois não foram considerados os desenvolvimentos de produtos/processos tecnológicos por grupos pertencentes à grande área das Ciências Humanas e Sociais). Importante frisar que não é possível consolidar as várias listas somando os grupos de cada instituição, dada a probabilidade de múltipla contagem. Um mesmo grupo pode participar de várias listas (aliás, esta é a regra).

NÚMERO DE GRUPOS SITUADOS ENTRE OS 10% MAIS PRODUTIVOS, POR INSTITUIÇÃO, GRANDE ÁREA DO CONHECIMENTO E PRODUTOS SELECIONADOS.

	Artigos publicados em periódicos nacionais.		Artigos publicados em periódicos estrangeiros.		Livros e capítulos de livros.		Desenvolvimento de produtos/ Processos tecnológicos.	
CIÊNCIAS AGRÁRIAS	UNESP	16	UNESP	11	UFV	11	EMBRAPA	13
	ESAL	11	USP	9	UNESP	8	UFV	9
	UFV	10	EMBRAPA	7	USP	7	UNESP	7
	USP	5	UNICAMP	7	EMBRAPA	5	UNICAMP	7
	EMBRAPA	4	UFV	6	UFRGS	4	USP	5
			UFRGS	5			UFRGS	4
			ESAL	3			ITAL	3
	Outras nove instituições com menos de três grupos, perfazendo 12 grupos.		Outras 15 instituições com menos de três grupos, perfazendo 17 grupos.		Outras 12 instituições com menos de três grupos, perfazendo 17 grupos.		Outras 17 instituições com menos de três grupos, perfazendo 18 grupos.	
CIÊNCIAS BIOLÓGICAS	UNESP	24	USP	42	USP	33	USP	19
	USP	16	UFRJ	18	UFRJ	15	UFRJ	10
	UFV	8	UNICAMP	4	UNESP	12	EMBRAPA	7
	UNICAMP	5	UFRGS	4	UNB	5	FIOCRUZ	5
	PUC/RS	4	UFSCAR	3	UFMG	4	UFRGS	5
	UFMG	4			INPA	3	UNB	5
	UFRJ	4			UFRGS	3	UNESP	3
UFRRJ	4					UNICAMP	3	
	Outras 17 instituições com menos de três grupos, perfazendo 21 grupos.		Outras 10 instituições com menos de três grupos, perfazendo 12 grupos.		Outras 12 instituições com menos de três grupos, perfazendo 14 grupos.		Outras 20 instituições com menos de três grupos, perfazendo 27 grupos.	
CIÊNCIAS DA SAÚDE	USP	22	USP	19	USP	25	USP	16
	UNESP	9	EPM	9	EPM	15	UNESP	8
	EPM	6	UFMG	4	UFRGS	8	EPM	4
	UFRGS	3	UFRGS	3	UFMG	4	UNICAMP	4
					UNICAMP	3	UFF	3
	Outras 10 instituições com menos de três grupos, perfazendo 12 grupos.		Outras 11 instituições com menos de três grupos, perfazendo 18 grupos.		Outras 10 instituições com menos de três grupos, perfazendo 11 grupos.		Outras 11 instituições com menos de três grupos, perfazendo 13 grupos.	
CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA	USP	27	USP	26	USP	28	USP	16
	UFRJ	6	UNICAMP	7	PUC/RJ	6	UFRGS	7
	UNESP	6	INPE	5	UFRJ	5	INPE	6
	UNICAMP	4	UFPE	5	UFBA	4	CNEN	4
	CPQD/TELEBRÁS	3	CBPF/CNPq	3	CBPF/CNPq	3	CPQD/TELEBRÁS	3
	INPE	3	PUC/RJ	3	UFRGS	3	UFPE	3
			UFF	3	UNICAMP	3	UFRJ	3
			UFRGS	3			UNESP	3
			UFRJ	3				
			UNESP	3				
	Outras 20 instituições com menos de três grupos, perfazendo 27 grupos.		Outras 13 instituições com menos de três grupos, perfazendo 16 grupos.		Outras 20 instituições com menos de três grupos, perfazendo 28 grupos.		Outras 23 instituições com menos de três grupos, perfazendo 25 grupos.	
ENG. E CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO	UFRJ	11	UFRJ	14	USP	17	PUC/RJ	8
	USP	10	PUC/RJ	9	PUC/RJ	9	UFSC	8
	UFSC	7	UFPB	7	UFRJ	9	CTA/ITA	6
	CNEN	4	UFSC	7	UFSC	4	INPE	5
	UFRGS	4	USP	6	UFPB	3	UFRGS	5
	CTA/ITA	3	UNICAMP	5	UFRGS	3	UFRJ	5
	UFMG	3	CTA/ITA	3			UFPB	3
	UFPB	3	INPE	3				
	UNESP	3						
	UNICAMP	3						
	Outras 12 instituições com menos de três grupos, perfazendo 13 grupos.		Outras 11 instituições com menos de três grupos, perfazendo 16 grupos.		Outras 14 instituições com menos de três grupos, perfazendo 19 grupos.		Outras 18 instituições com menos de três grupos, perfazendo 23 grupos.	

Artigos publicados em periódicos nacionais.		Artigos publicados em periódicos estrangeiros.		Livros e capítulos de livros.	
USP	24	USP	22	UFRJ	17
PUC/RJ	11	PUC/RJ	12	USP	17
PUC/SP	8	UFRGS	11	PUC/RJ	16
UFRJ	7	UFRJ	11	UFRGS	16
UNISINOS	7	UFSC	10	PUC/RS	8
PUC/RS	6	UNB	5	UFF	8
UFF	6	PUC/RS	4	PUC/SP	5
UFRGS	5	UFBA	4	UNB	5
UFSC	5	UFF	4	UERJ	3
IPEA	3	UFPE	4	UFSC	3
UERJ	3	UNICAMP	4	UNISINOS	3
UNESP	3	PUC/SP	4		
		UERJ	3		
		UNESP	3		
Outras 10 instituições com menos de três grupos, perfazendo 16 grupos.		Outras 13 instituições com menos de três grupos, perfazendo 16.		Outras 13 instituições com menos de três grupos, perfazendo 20 grupos.	

Duas observações de ordem geral devem preceder a análise destes dados. Em primeiro lugar, eles nada expressam sobre a variação da produtividade entre grupos e, muito menos, sobre a relevância do que foi efetivamente produzido. A contribuição efetiva de uma instituição com poucos grupos produtivos pode ser muito maior do que a de outra com muitos grupos produtivos. Na maioria dos casos isso não ocorrerá, visto que instituições com muitos grupos produtivos tendem a possuir grande reputação e funcionam atraindo recursos financeiros e talentos. No entanto, é preciso estar alerta para essa relação ao examinar os dados.

Em segundo lugar, a agregação segundo as grandes áreas poderá provocar deformações significativas nas inferências para níveis mais desagregados (áreas ou especialidades do conhecimento). Isto porque áreas diferentes dentro de uma mesma grande área têm “pesos” diferentes, decorrentes da história de cada uma delas no país. Aspecto mais importante ainda, é a existência de “culturas” de difusão de resultados científicos e tecnológicos muito diversas entre áreas pertencentes à uma mesma grande área. Exemplificando, um matemático que examinar os números acima, referentes à grande área de Ciências Exatas e da Terra, poderá intuir uma provável predominância da física no perfil institucional apresentado. Não se sabe se a intuição é verdadeira. Em caso afirmativo, decorrerá, em primeiro lugar, de que, no Diretório, a área de Física é maior (256 grupos e 1.554 pesquisadores) do que a área de Matemática (111 grupos e 686 pesquisadores). Mas, além disso, como se está medindo a produtividade em termos puramente quantitativos, a física poderá realmente predominar porque nela o processo da pesquisa

gera mais *outputs* por unidade de tempo do que na matemática. Este mesmo fato poderá ocorrer em outras grandes áreas, particularmente nas Ciências Biológicas.

ALGUMAS INSTITUIÇÕES PÚBLICAS REALIZAM A MAIOR PARTE E A MELHOR PESQUISA DO PAÍS

Os dados colocam imediatamente em destaque o peso das instituições de ensino superior, das grandes universidades públicas e, em particular, da Universidade de São Paulo. Já se sabia, a partir dos números relativos ao conjunto da base de dados, que estas instituições eram as responsáveis pela maior parte da atividade de pesquisa no Brasil. O que se infere agora é que, em maior preponderância ainda, são as responsáveis por grande parte da *melhor* pesquisa realizada no Brasil.

No entanto, apenas quatro universidades apresentaram três ou mais grupos muito produtivos em todas as seis grandes áreas. São elas a USP, a Unicamp, a Unesp e a UFRGS. A UFRJ, mesmo considerando que não exerce atividades na grande área das Ciências Agrárias, não faz parte deste rol por não apresentar um grupo sequer dentre os mais produtivos na grande área da pesquisa em Saúde. Das grandes universidades, a USP é mencionada em 22 das 23 possibilidades de combinação entre *outputs* e grandes áreas, bem como apresenta o maior número de grupos com alta produtividade em 14 dessas 23.

Esta grande concentração obriga a refletir sobre a oportunidade e a factibilidade de alcançar-se o objetivo da “indissociabilidade do ensino e da pesquisa” em todas as universidades públicas do país.

Diante das instituições de ensino superior, os institutos tecnológicos têm uma presença muito discreta. O único que aparece com grande destaque é a Embrapa e são também mencionados a CNEN, o CPQD/Telebrás, CTA/ITA, Fiocruz, INPE e ITAL, quase sempre e como seria de se esperar, no desenvolvimento de produtos e processos tecnológicos. No entanto, a presença das universidades é tão forte que, mesmo nesse item, a maioria dos grupos mais produtivos pertence a elas.

A DEBILIDADE DA PESQUISA NO SETOR PRIVADO

Com a notável exceção da PUC/RJ, o setor privado tem uma presença quase nula no segmento mais produtivo da pesquisa. A PUC/RJ é mencionada em três das quatro grandes áreas em que atua (Exatas, Engenharias e Humanas), sendo que com muito destaque nas Engenharias e Ciência da Computação. Os demais representantes do setor privado mencionados são a PUC/SP, a PUC/RS e a Unisinos, todas com presença apenas na grande área de Ciências Humanas e Sociais.

Outra observação a ser extraída dos dados é que uma determinada predominância institucional numa grande área depende, na maioria das vezes, do porte da instituição. Dentre as instituições com alguma tradição de pesquisa, as grandes tendem a apresentar um número maior de grupos localizados no decil superior. Esse fato não diminui a posição de relevo, nem deprecia a efetiva contribuição das instituições de menor porte ao desenvolvimento científico e tecnológico do país. No entanto, seria proveitoso encontrar um instrumento de medida dessa contribuição em relação ao porte institucional e à massa crítica em determinada grande área. Em outras palavras, um instrumento que pudesse informar se, para a massa crítica instalada em cada instituição, o número de grupos muito produtivos está além, aquém ou corresponde ao que seria esperado. Pode ser útil para distinguir peculiaridades institucionais, verificar se possuem um número importante de grupos muito produtivos oriundos de um total de grupos relativamente pequeno, ou se apresentam um número similar de grupos muito produtivos oriundos de um número total de grupos muito maior.

É muito provável que essas diferenças representem estratégias de desenvolvimento institucional distintas e, portanto, necessidade de diferentes políticas de fomento para sua atividade de pesquisa. É válido pensar que deva

ser uma meta na política de pesquisa da instituição a manutenção de uma alta “densidade” de grupos muito produtivos, ou seja, de uma alta proporção de grupos produtivos em relação ao total de seus grupos. Caso logre este resultado, pode-se dizer que sua política de fomento está obtendo alto rendimento. Naturalmente, as instituições universitárias têm outras funções além da pesquisa e os institutos de pesquisa possuem (ou deveriam possuir) missões específicas. Essas e outras circunstâncias acabarão por interferir nas políticas institucionais de fomento e contribuirão para determinar a referida “densidade”. De qualquer modo, é inegável que, do ponto de vista da atividade de pesquisa, o aumento da “densidade” ou sua manutenção em altos patamares é um objetivo a ser perseguido sempre e isso, por si só, justifica a mensuração proposta.

O PORTE DA INSTITUIÇÃO NÃO É O DETERMINANTE EXCLUSIVO DA LIDERANÇA EM UMA ÁREA DE PESQUISA

A maneira mais simples para construir este parâmetro *para cada grande área e instituição*, é medir o afastamento da proporção de grupos muito produtivos da proporção de grupos na base de dados. Exemplificando, na grande área de Ciências Agrárias e no que se refere a artigos publicados em revistas nacionais, a Universidade Federal de Viçosa (UFV) possui 17,2% dos grupos situados no decil superior, enquanto participa com apenas 9,6% dos grupos nessa grande área na base. Sua participação no estrato superior da pesquisa, com relação a esse produto, apresenta-se acima do esperado. Nessa mesma grande área e tipo de produto, a USP participa com 8,6% dos grupos do decil superior e conta com 10,3% dos grupos da base. Sua participação situa-se, portanto, abaixo da esperada. Quando o cálculo correspondente é feito para os artigos publicados em periódicos estrangeiros, as situações das duas instituições serão diferentes. A participação da USP fica acima do esperado (13,8% contra 10,3%) e a da UFV dentro do limite esperado (9,2% contra 9,6%). Esse exemplo aponta também a importância da hierarquização dos diversos produtos para cada uma das grandes áreas, pois eles possuem pesos distintos para cada uma delas.

Os resultados desta avaliação para todas as instituições mencionadas com três grupos e mais entre os muito produtivos, para as seis grandes áreas constam dos quadros seguintes. Foram escolhidos, evidentemente com

algum grau de arbitrariedade, produtos considerados mais relevantes para cada uma das grandes áreas, conforme discriminado abaixo.

Ciências Agrárias	
Artigos publicados em periódicos nacionais	(AN)
Artigos publicados em periódicos estrangeiros	(AE)
Desenvolvimento de produtos/processos tecnológicos	(PPT)
Ciências Biológicas	
Artigos publicados em periódicos estrangeiros	
Livros e capítulos de livros	(LCL)
Ciências da Saúde	
Artigos publicados em periódicos nacionais	
Artigos publicados em periódicos estrangeiros	
Livros e capítulos de livros	
Ciências Exatas e da Terra	
Artigos publicados em periódicos estrangeiros	
Livros e capítulos de livros	
Engenharias e Ciência da Computação	
Artigos publicados em periódicos estrangeiros	
Produtos/processos tecnológicos	
Ciências Humanas e Sociais	
Artigos publicados em periódicos nacionais	
Artigos publicados em periódicos estrangeiros	
Livros e capítulos de livros	

Quando a proporção de grupos muito produtivos está acima da observada para o total dos grupos, aparecerá uma marca (+); quando estiver de acordo, a marca será (=); finalmente, se abaixo, a marca será (-). Caso a proporção observada de grupos muito produtivos esteja mais de três vezes acima do esperado, a marca correspondente será (++). Considerou-se como proporção correspondente à esperada aquela incluída dentro dos limites de mais ou menos 5% do esperado e a ausência de qualquer marca significa que naquela grande área e para aquele produto a instituição possui menos de três grupos no decil superior.

Ciências Agrárias				Ciências Biológicas		
	AN	AE	PPT		AE	LCL
UNESP	+	+	-	UNESP		+
ESAL	++	+		USP	+	+
UFV	+	=	+	UNICAMP	+	
USP	-	+	-	UFRGS	=	
EMBRAPA	-	-	+	UFRJ	+	+
UNICAMP		++	+	UFMG		+
UFRGS		+	+	UNB		++
ITAL			+			

Ciências da Saúde				Engen. e Ciências da Computação		
	AN	AE	LCL		AE	PPT
UNESP	+			USP	-	
USP	+	-	-	UFRJ	+	-
EPM	+	++	++	UNICAMP	+	
UNICAMP			+	INPE	+	+
UFRGS	+	+	+	PUC/RJ	+	+
UFMG		+	+	UFRGS		+
				UFSC	+	+
				CTA/ITA	+	
				UFPB	+	-

Ciências Exatas e da Terra			Ciências Humanas e Sociais			
	AE	LCL		AN	AE	PPT
USP	+	+	USP	+	+	-
UFRJ	-	+	PUC/RJ	+	+	+
UNESP	-		PUC/SP	+	-	+
UNICAMP	++		UFRJ	+	+	+
INPE	+		UNISINOS	++		+
UFPE	+		PUC/RS	+	-	+
CBPF/CNPq	+	+	UFF	+	-	+
PUC/RJ	+	+	UFRGS	-	+	+
UFF	+		UFSC	+	+	-
UFRGS	-	-	IPEA	++		
			UERJ	+	=	-
			UNESP	-	-	
			UNB		+	+
			UFBA		-	
			UFPE		-	
			UNICAMP		-	

Ciências Agrárias

Nessa grande área, observa-se que a Embrapa e a USP apresentam um padrão diferente das demais instituições. Em dois dos três produtos considerados relevantes, a “densidade” dos grupos mais produtivos é baixa em relação ao total de grupos das instituições. Cabe, no entanto, ressaltar que a Embrapa apresenta uma “densidade” alta naquele produto que se supõe ser o mais importante, dada sua missão institucional (desenvolvimento de produtos e processos). Igualmente, demonstrando sua índole acadêmica, a USP apresenta um sinal mais na produção de artigos publicados em revistas estrangeiras.

Ciências Biológicas

Duas universidades, a USP e a UFRJ apresentam uma proporção de grupos muito produtivos acima do esperado. As demais instituições listadas acompanham esse padrão

nos produtos nos quais apresentam produção relevante. Na UFRGS, a proporção dos grupos mais produtivos está dentro do esperado, isto é, aproxima-se da proporção total de grupos daquela universidade no Diretório.

Ciências da Saúde

Novamente a USP apresenta um perfil de baixa “densidade” para dois dos três produtos selecionados. Esse perfil contrasta com o demonstrado pela EPM e pela UFRGS. Em particular a primeira que, para artigos publicados em revistas estrangeiras e para livros e capítulos de livros, apresenta uma proporção de grupos muito produtivos mais de três vezes acima da esperada. Cabe registrar ainda a UFMG que, nos dois produtos em que tem produção relevante, apresenta grupos muito produtivos em proporção acima da esperada.

Ciências Exatas e da Terra

Aqui, destacam-se três grupos de instituições. Num primeiro plano, apresentam-se a USP, o CBPF/CNPq e a PUC/RJ, com alta “densidade” de grupos produtivos nos dois produtos selecionados. Um segundo grupo seria constituído pela Unicamp, UFPE, UFF e Unesp, que apresentam alta “densidade” na produção de artigos publicados em revistas estrangeiras. Aliás, a Unicamp apresenta altíssima “densidade”. No outro extremo, temos a UFRJ, com baixa “densidade” na produção de artigos publicados em revistas estrangeiras e a Unesp e UFRGS, com baixa “densidade” nos produtos em que possuem produção relevante.

Engenharias e Ciência da Computação

Três instituições com características distintas, o INPE, a PUC/RJ e a UFSC, apresentam proporção de grupos muito produtivos acima do esperado nos dois produtos relevantes. Um segundo padrão é apresentado pelo CTA/ITA e UFRGS, que apresentam alta “densidade” no desenvolvimento de produtos/processos tecnológicos, e pela Unicamp, com alta “densidade” na publicação de artigos em revistas estrangeiras. Nos três casos, trata-se do único produto em que aparecem com alta frequência de grupos muito produtivos. Um terceiro perfil é formado pela UFRJ e pela UFPB, com alta “densidade” nos artigos publicados em revistas estrangeiras e baixa no desen-

volvimento de produtos/processos tecnológicos. Finalmente, tem-se a USP, que aparece apenas na publicação de artigos em revistas estrangeiras, onde apresenta grupos muito produtivos abaixo do esperado.

Ciências Humanas e Sociais

A UFRJ e a PUC/RJ aparecem com alta “densidade” de grupos muito produtivos nos três produtos relevantes. Um segundo grupo formado pela USP, UFRGS, UFSC, e UNB, apresentam alta “densidade” em dois produtos, sendo um deles os artigos publicados em revistas estrangeiras. O terceiro perfil é apresentado pela PUC/SP, PUC/RS e UFF, que aparecem com alta “densidade” em dois produtos e baixa nos artigos publicados em revistas estrangeiras. A seguir, encontra-se a Unisinos, com alta “densidade” nos artigos publicados em revistas nacionais. As demais instituições apresentam predominantemente seus grupos muito produtivos abaixo do esperado, sendo que a UERJ e o IPEA apresentam altas “densidades” na publicação de artigos em revistas nacionais.

CONCLUSÕES

Ao final desse trabalho, o leitor poderá, com razão, indagar. Afinal, o que é que há realmente de novo ou o que era desconhecido e foi desvendado?

Alguns aspectos novos vieram efetivamente à luz. Entretanto, o resultado mais significativo deste trabalho foi, possivelmente, o de situar em bases mais sólidas o que já se sabia ou imaginava-se saber. Tornar mais nítida a fotografia desse complexo *Simurg*. Reunir evidências e juntar os fragmentos de certezas para se obter uma visão de conjunto do que o país possui em termos de C&T. Neste capítulo final, serão condensados aqueles traços mais marcantes do parque científico e tecnológico nacional. Um sumário capaz de definir, em grandes linhas, o resultado do esforço de várias gerações neste campo.

O PARQUE DE PESQUISA BRASILEIRO É RELATIVAMENTE GRANDE E COMPLETO

Entre pesquisadores, estudantes e pessoal de apoio técnico diretamente envolvido com pesquisa, o Diretório detectou a existência de pouco menos de 63 mil indivíduos.

Seja qual for o elemento de comparação, esse número demonstra a relevância dessa atividade na vida do país. Além de relativamente grande, o parque de pesquisa é relativamente completo. Em particular no que se refere ao campo científico, são realizadas pesquisas sobre a grande maioria das áreas e especialidades do conhecimento hoje existentes no mundo.

A DIMENSÃO ESSENCIALMENTE ACADÊMICA

Ainda quanto a seu contorno geral, esse parque apresenta-se enviesado no que se refere a três dimensões que, apesar de interrelacionadas, são determinadas por fenômenos com vida própria. Em primeiro lugar, ele é grandemente *acadêmico* no plano institucional. Dos 4.402 grupos de pesquisa detectados, 3.572, isto é, 81,1% encontram-se em instituições de ensino superior. Mesmo com a ressalva de que os grupos de P&D localizados nas empresas do setor privado não tenham sido estudados, é pouco provável que esses números estejam muito afastados da realidade. Das 99 instituições que participaram do levantamento, 50 são institutos de pesquisa dos mais variados tipos.

PREDOMÍNIO DA PESQUISA CIENTÍFICA

A segunda dimensão desequilibrada é provocada pela grande predominância da pesquisa científica em relação à pesquisa tecnológica. Tanto no plano quantitativo – número de grupos, pesquisadores, linhas de pesquisa em andamento etc. – quanto num plano mais qualitativo – consolidação de áreas, titulação dos pesquisadores, produtividade etc. – a pesquisa científica coloca-se com força nitidamente superior à pesquisa tecnológica.

A ÊNFASE NA PESQUISA BÁSICA

O terceiro viés corresponde à inclinação sempre presente pela pesquisa científica básica, *vis a vis* à pesquisa aplicada, ambas entendidas em suas definições tradicionais. De modo diferente ao exposto no parágrafo anterior, essa inclinação manifesta-se, principalmente, por indicadores qualitativos. As grandes áreas do conhecimento nas quais

predomina a pesquisa básica – Ciências Exatas e da Terra e Ciências Biológicas – são, sempre, mais consolidadas, tituladas e produtivas do que aquelas nas quais predomina a pesquisa aplicada.

Das seis grandes áreas, a que apresenta maior número de grupos é a das Ciências Humanas e Sociais (916). Em seguida, aparecem as Ciências Biológicas, com 842 grupos, as Ciências Exatas e da Terra com 670, as Engenharias e Ciência da Computação com 626, as Ciências Agrárias com 572 e as Ciências da Saúde com 502. Esse grande peso relativo das Ciências Humanas e Sociais é, provavelmente, a expressão no campo da pesquisa da tradição educacional e cultural que, no Brasil, sempre privilegiou as humanidades em relação à formação nas áreas mais técnicas.

A GRANDE CONCENTRAÇÃO NA REGIÃO SUDESTE

Por qualquer dimensão que se queira abordar o problema, o parque científico e tecnológico brasileiro é grandemente concentrado do ponto de vista geográfico. *A região Sudeste e o estado de São Paulo abrigam sempre o mais e, na maioria das vezes, o melhor da pesquisa brasileira.* No plano quantitativo, os números associados aos dois níveis são, habitualmente, 70% e 45%. Aliás, essas são as menores proporções, encontradas para a distribuição do número de grupos de pesquisa. Conforme se passa para outras distribuições, como a de pesquisadores doutores, estudantes em nível de doutorado e pós-doutorado, resultados da pesquisa etc., as proporções dessa região são sempre maiores. A concentração geográfica manifesta-se para todas as grandes áreas e áreas do conhecimento. Da mesma forma, para todos os 16 setores de atividades estudados.

A pesquisa científica e tecnológica é, também, muito concentrada no plano institucional. *Metade dos grupos está localizada em oito instituições, 2/3 em 17 e 3/4 em 23 dentre as 99 instituições participantes do levantamento.* A Universidade de São Paulo responde por 20% da totalidade dos grupos de pesquisa existentes. Quando considerados os indicadores de tipo mais qualitativo, como por exemplo a localização dos grupos mais produtivos, a concentração institucional é ainda maior, com apenas quatro instituições (USP, Unicamp, Unesp e UFRGS) apresentando grupos muito produtivos em todas as seis grandes áreas do conhecimento.

OS DIFERENTES PERFIS DE QUALIFICAÇÃO

Ainda no plano institucional, a inclinação acadêmica da pesquisa brasileira, já comentada anteriormente, faz com que, segundo o critério da titulação dos pesquisadores, as instituições de ensino superior sejam muito mais qualificadas do que os institutos de pesquisa (com a exceção de quatro dos institutos do CNPq-IMPA, CBPF, LNCC e ON). Dentre os institutos, os de pesquisa são, de modo geral, mais qualificados do que os tecnológicos. Já no que se refere ao desenvolvimento de produtos e processos tecnológicos, os institutos apresentam maior produtividade que as instituições de ensino superior. No entanto, quando selecionadas as instituições onde estão localizados os grupos mais produtivos para cada grande área neste tipo de *output*, apenas a Embrapa, dentre os institutos, aparece como instituição líder de produtividade, na grande área das Ciências Agrárias. Nas Engenharias e Ciência da Computação, por exemplo, das sete instituições que possuem mais grupos entre os muito produtivos no desenvolvimento de produtos/processos tecnológicos, apenas duas são institutos (CTA/ITA e INPE). As outras cinco são universidades. Hoje em dia, a discussão sobre o papel e o lugar dos institutos de pesquisa no desenvolvimento científico e tecnológico do país é extremamente relevante e, lamentavelmente, quase inexistente.

O DINAMISMO DA ATIVIDADE DE PESQUISA

O tempo mediano de existência relativamente pequeno dos grupos de pesquisa (sete anos) é um indicador da juventude do parque brasileiro de pesquisa. Mais ainda, a diminuição do tempo médio de existência de 10 para oito anos entre 1983 e 1993, sugere o aumento da velocidade de formação de grupos nesse período. No entanto, esta juventude não é homogênea segundo as grandes áreas. Nas Ciências Agrárias, Exatas e da Terra e Biológicas encontram-se os grupos de pesquisa relativamente mais antigos, enquanto nas Engenharias, Ciências da Saúde e nas Humanas e Sociais estão os grupos mais recentes.

As diferenças de tempo mediano de existência dos grupos sugerem uma distinção das grandes áreas, segundo o que se poderia chamar de grau de dinamismo. Assim, aquelas áreas com grupos mais antigos estariam vivendo uma fase de baixo dinamismo, entendido como uma

menor intensidade de mudanças e transformações em seu interior. Ao contrário, as grandes áreas que apresentam tendencialmente grupos mais recentes, estariam passando por uma fase de maior dinamismo. Importante ressaltar que maior ou menor dinamismo têm pouco a ver com maior ou menor consolidação científico-tecnológica. A noção de dinamismo está associada à velocidade de mudança nos padrões da atividade de pesquisa em uma determinada grande área. Seja porque vive uma fase de transformação mais acelerada, como parece ser o caso das grandes áreas das Ciências da Saúde e das Engenharias e Ciência da Computação, seja por outros motivos.

AS ÁREAS MAIS CONSOLIDADAS

As grandes áreas das Ciências Exatas e da Terra e das Ciências Biológicas são as mais consolidadas no Brasil (a primeira mais do que a segunda). Isso é evidenciado pela titulação dos componentes de seus grupos, pela frequência de estudantes nos níveis de treinamento mais avançados e ainda pelo desempenho em termos de produtividade. Nas demais grandes áreas, há sempre discrepância entre os indicadores. Assim, considerando a titulação dos pesquisadores, as Ciências Humanas e Sociais aproximam-se das Ciências Biológicas e as três grandes áreas restantes situam-se num patamar mais baixo. Se a consolidação for indicada pela proporção de estudantes em níveis avançados de treinamento (pós-doutorandos e doutorandos), depois das Ciências Biológicas, situam-se as Engenharias e Ciência da Computação, ficando as Ciências da Saúde, Agrárias e Humanas e Sociais, em um terceiro patamar.

Quando os dados relativos à titulação dos pesquisadores são desagregados segundo as grandes áreas do conhecimento e suas respectivas áreas, verifica-se que o grau de consolidação, segundo este indicador, é maior naquelas áreas predominantemente básicas sobre temas “duros”. De outro lado, nas áreas aplicadas e/ou predominantemente tecnológicas, estão localizados os menores percentuais de pesquisadores doutores.

PESQUISADORES SE DISTINGUEM DO CORPO DOCENTE

Apesar da maior parte da pesquisa científica e tecnológica brasileira estar sediada em instituições de ensino superior

(majoritariamente do setor público), tudo indica que os pesquisadores são um grupo bastante distinto do corpo docente no interior dessas instituições. Tomando como indicador o perfil de titulação das mesmas, observa-se que a proporção de doutores em relação ao total de docentes situa-se em torno a 20%, saltando para 58%, quando considerado apenas o segmento dos pesquisadores. A titulação dos pesquisadores brasileiros, em seu conjunto, é relativamente alta, com 51% de doutores e 31% de mestres. Entre os líderes de grupos de pesquisa, 84% possuem o título de doutor e 12% o de mestre. Nas instituições de ensino superior, estes índices são de 90% e 9%, respectivamente.

PESQUISA EM GRUPO É DOMINANTE

A prática da pesquisa científica e tecnológica no Brasil desenvolve-se, hoje, em sua esmagadora maioria, segundo um modelo de organização institucionalizado e grupal. Apenas 10% dos grupos de pesquisa possuem um só pesquisador e somente 4% desta parcela (0,4% do conjunto de grupos da base de dados) são efetivamente solitários em seu trabalho. Os demais 9,6% não dispensam o concurso de estudantes e/ou de pessoal de apoio técnico. O grupo de pesquisa típico no Brasil de hoje é composto de quatro pesquisadores ou de 12 pessoas, quando computados os estudantes e pessoal de apoio técnico. A prática da pesquisa “em grupo” está, por certo, diretamente relacionada a fatores conjunturais, como por exemplo, o grau de consolidação da instituição, o acesso a recursos financeiros governamentais ou não, o próprio grau de autonomia do pesquisador em sua instituição (maior nas instituições de ensino superior do que nos institutos tecnológicos). Mas, por outro lado, é determinada, também pelas características teórico-metodológicas prevalentes nas diversas áreas do conhecimento (grandes áreas predominantemente experimentais ou teóricas, por exemplo). Essa provável composição de fatores determinantes é percebida quando se verifica que apenas 4,2% dos grupos na grande área de Ciências Agrárias são compostos de apenas um pesquisador, enquanto 20,1% dos grupos pertencentes às Ciências Humanas e Sociais encontram-se na mesma situação. Entre as duas encontram-se, pela ordem, Saúde, Engenharias, Exatas e Biológicas.

A noção de linha de pesquisa não é de fácil apreensão, havendo freqüente confusão com projeto de pesquisa ou

campo de pesquisa. Não obstante, o número mediano de três linhas de pesquisa por grupo, detectado pelo Diretório, parece bastante razoável. Os dados sugerem que o número de linhas deve variar conforme o número de pesquisadores existentes nos grupos. É admissível, portanto, a influência de uma combinação de fatores conjunturais e estruturais na prática de pesquisa entre as diversas grandes áreas do conhecimento.

GRANDES DISCREPÂNCIAS SETORIAIS

A identificação dos setores de atividades dos grupos mostra a organização da pesquisa por um outro ângulo, menos formal e muito fértil para o estudo das relações entre a pesquisa e a sociedade. Mesmo levando em conta os poucos setores identificados (16), várias ilações significativas podem ser feitas. Em primeiro lugar, verifica-se uma imensa disparidade em relação ao número de grupos envolvidos com cada setor, divergindo do fato de a atividade de pesquisa, em todos os setores selecionados, ser considerada, explícita ou implicitamente, como prioritária por parte do governo. Mais de mil grupos, por exemplo, declararam-se envolvidos com a pesquisa no setor Saúde, enquanto apenas 85 realizam pesquisa em Saneamento e 95 em Habitação. Da mesma forma, 401 grupos realizam pesquisa em Informática e 441 em Biotecnologia, enquanto apenas 49 grupos declararam trabalhar em Mecânica de Precisão.

O exame da distribuição da pesquisa segundo os 16 setores sugere a pouca eficácia das políticas oficiais de fomento na seleção destes pelos pesquisadores. Da mesma forma, as supostas “necessidades” sociais do país também não parecem ser uma mola determinante na decisão dos pesquisadores ao escolherem seus setores. A força da tradição, por um lado, a politização e o prestígio internacional dos setores, por outro, parecem jogar papel importante nesse processo de escolha. Essa hipótese é colocada pelo já mencionado número de grupos que relataram, pelo menos, uma linha de pesquisa relacionada ao setor Saúde (1.119) e pelos 732 grupos que mencionaram ao menos uma linha relacionada ao setor de Ciências Ambientais. Ao examinarmos a distribuição regional dos setores, foi possível identificar, além da esmagadora concentração na região Sudeste, algumas “vocações” regionais, como por exemplo a pesquisa espacial e em Saúde no Sudeste, a pesquisa em Ciências Ambientais no Norte e Centro-Oeste, a pesquisa em Saneamento na

região Nordeste e a pesquisa em Recursos do Mar na região Sul. Da mesma forma, são identificadas lacunas regionais pouco justificáveis, como por exemplo a inexistência de um grupo sequer pesquisando Transporte e de apenas dois pesquisando Energia na região Norte.

A PARTICIPAÇÃO DOS ESTUDANTES É IMPORTANTE, MAS REVELA ALGUMAS LACUNAS E INCONGRUÊNCIAS

Foram identificados 33.500 estudantes diretamente ligados à atividade de pesquisa, nas diversas etapas de treinamento, desde a iniciação científica até os estágios pós-doutorais. Esse pessoal forma o estoque potencial de novos pesquisadores e sua presença nos grupos segundo as grandes áreas independe, pelo menos no que se refere à pós-graduação no sentido estrito, da oferta de vagas ou do número de alunos matriculados nos respectivos cursos. Aliás, a área que possui o maior número de alunos matriculados na pós-graduação é a que apresenta o menor número médio de estudantes por grupo (Ciências Humanas e Sociais). Observa-se um envolvimento dos líderes de grupos de pesquisa doutores com a atividade de orientação abaixo do que seria esperado. Cada um deles orienta, em média, 2,3 mestrandos e 1,1 doutorando. Quando verificado o envolvimento de todos os pesquisadores doutores, esta relação cai para 1,0 mestrando e 0,5 doutorando. A comparação do número de estudantes de pós-graduação efetivamente ligados à atividade de pesquisa com o número de estudantes matriculados em fase de elaboração de dissertação ou tese, revela que há cerca de dois mil doutorandos e seis mil mestrandos elaborando dissertações ou teses desvinculadas das linhas de pesquisa desenvolvidas pelos seus orientadores nos grupos. Da mesma forma, a comparação do número de bolsas de iniciação científica e semelhantes, distribuídas com o número de estudantes de graduação nos grupos, revela uma lacuna de cerca de 10 mil bolsas concedidas cujos beneficiários não foram mencionados pelos líderes dos grupos.

É INSATISFATÓRIA A ESCOLARIDADE DO PESSOAL DE APOIO TÉCNICO

Há pouco menos de oito mil pessoas prestando apoio técnico à atividade de pesquisa no Brasil (um técnico para

cada 2,2 pesquisadores). Cerca de 27% desse contingente apóia mais de um grupo. Cada grupo conta, em média, com 2,2 técnicos. A escolaridade do corpo técnico é relativamente baixa, sendo que 2/3 não possui formação universitária. No terço restante, 29% são graduados ou especializados, 4% possuem um título de mestre e 0,6% um título de doutor. As Ciências Agrárias e as Biológicas possuem a maior parcela total e o maior número de técnicos por grupo. As Ciências Humanas e Sociais situam-se no outro extremo, apresentando, entretanto, o melhor padrão de escolaridade, com 2/3 de técnicos graduados.

A PRODUTIVIDADE DA PESQUISA É BAIXA E APRESENTA PADRÕES DIFERENTES POR GRANDES ÁREAS, REGIÕES E INSTITUIÇÕES

A produtividade da pesquisa brasileira, em seu conjunto, é baixa e predominantemente doméstica. Tomando como indicador a publicação de artigos completos em periódicos especializados, foi registrada a existência de 0,6 artigo/pesquisador/ano, 1,2 artigo/pesquisador doutor/ano e 2,4 artigos/líder de grupo/ano. Quase 2/3 desses artigos foram publicados em periódicos nacionais. No campo da produção tecnológica, o quadro é ainda mais preocupante. Independentemente da requisição de patente, foi relatado o desenvolvimento de pouco mais de quatro mil produtos e processos tecnológicos em três anos, 70% dos quais nas grandes áreas de Engenharias e Ciência da Computação e Ciências Agrárias.

A região Sudeste, que tem 67% dos pesquisadores, foi responsável por 75% dos artigos. Em termos de produtividade, essa região publicou 0,7 artigo/pesquisador/ano (0,4 em periódico nacional e 0,3 em estrangeiro); nas regiões Sul e Centro-Oeste, os números correspondentes foram 0,5 (0,3 e 0,2); finalmente, nas regiões Norte e Nordeste, publicaram 0,4 (0,3 e 0,1).

A produtividade varia também segundo as grandes áreas do conhecimento. Assim, tomando-se o mesmo indicador de publicação de artigos, as Ciências Agrárias, Exatas, Biológicas e da Saúde encontram-se em igual patamar, com dois artigos/pesquisador/triênio. Mais abaixo, situam-se as Ciências Humanas e Sociais (1,6) e, ainda um pouco mais abaixo, as Engenharias (1,3). Essas diferenças podem, em parte estar refletindo diferenças na elegibilidade de *outputs* para cada grande área. Assim, quando o

indicador utilizado é a produção de livros, as Ciências Humanas estão no patamar mais elevado e quando se toma o desenvolvimento de produtos e processos tecnológicos, as Engenharias assumem o primeiro lugar.

Os dados mostram a existência de perfis de publicação de artigos diferentes segundo as grandes áreas. Nas Ciências Exatas e da Terra, a maioria dos artigos foi publicada em periódicos estrangeiros; nas Ciências Biológicas há um equilíbrio entre nacionais e estrangeiros e nas demais áreas a maioria é publicada em periódicos nacionais. Isso confirma a existência de um tipo de pesquisa, de circulação mais internacional, localizada nas grandes áreas responsáveis pela maior parte da pesquisa científica básica e de outro, de circulação mais doméstica, localizada nas grandes áreas mais aplicadas ou tecnológicas.

A produtividade no que se refere ao desenvolvimento de produtos e processos tecnológicos, como seria de se esperar, é maior nas grandes áreas das Engenharias e das Ciências Agrárias. Nestas, respectivamente, um pesquisador em cada 2,8 e um em cada 3,6 desenvolveram um produto ou processo no triênio. Nas Ciências Exatas o número correspondente é 7,7 e nas Ciências Biológicas, bem como na Saúde, 16,7. O número das Ciências Biológicas leva-nos a indagar sobre os resultados do esforço brasileiro no setor da Biotecnologia, no qual foram detectadas 1.994 linhas de pesquisa oriundas de grupos dessa grande área em andamento nesse período e, das quais, pouco mais de mil estavam associadas às áreas de Bioquímica, Microbiologia e Genética.

EXISTEM GRUPOS DE PESQUISA ALTAMENTE PRODUTIVOS

Apesar da baixa produtividade observada no todo, os dados sugerem a existência de grupos de pesquisa de alta produtividade. São ainda mais concentrados, geográfica e institucionalmente, do que a totalidade dos grupos, mas também marcam presença em várias regiões. Respondem pela maior parte da produção científica e tecnológica brasileira, com a exceção da publicação de artigos em periódicos nacionais. Do mesmo modo que o conjunto geral do parque, sua localização é concentrada em instituições públicas de ensino superior. A quantidade desses grupos, naturalmente, varia conforme os critérios que forem adotados para se estabelecer a fronteira da categoria “alta produtividade”.

O exercício feito para se obter uma quantificação geral desse conjunto de grupos, considerou, inicialmente, padrões rigorosos de produtividade que variaram entre cinco e 10 vezes o valor da produtividade média *per capita* dos grupos, para produtos especificados. Para todos esses produtos e todas as áreas de conhecimento, com a única exceção da publicação de artigos em revistas estrangeiras na grande área de Ciências Exatas e da Terra, o número desses grupos muito produtivos é menor ou igual a 10% de todos os grupos da grande área. Na maioria das situações, o índice de produtividade é bem menor. Para a mencionada exceção, o número de grupos muito produtivos compreendeu 18,5% de todos os grupos da grande área de Ciências Exatas e da Terra.

Quanto ao desempenho dos 10% de grupos mais produtivos das seis grandes áreas para cinco *outputs* especificados (artigos em revistas nacionais, estrangeiras, livros, teses de doutorado e o desenvolvimento de produtos tecnológicos), verificou-se que mais de 50% de todos os *outputs* registrados para todos os grupos de pesquisa existentes na base de dados, foram gerados pelos grupos que compõem os 10% mais produtivos. O exame das 29 células da Tabela 26 contendo a participação percentual dos grupos mais produtivos no total da produção, revela que em 11 dessas células os *outputs* oriundos dos 10% mais produtivos correspondem a 2/3 ou mais de toda a produção brasileira e que em seis delas correspondem a 3/4 do total. Em duas células (desenvolvimento de produtos tecnológicos nas Ciências Biológicas e da Saúde), todos os produtos registrados na base foram gerados em menos de 10% dos grupos de pesquisa dessas duas grandes áreas.

Dessa parcela dos 10% de grupos mais produtivos, 85% localizam-se em São Paulo (47,1%), Rio de Janeiro (20,3%), Rio Grande do Sul (11,0%) e Minas Gerais (6,8%). Além disso, apenas esses quatro estados e mais o Distrito Federal possuem uma participação proporcional maior nos 10% superiores do que no conjunto da base, quando se tomam as seis grandes áreas em conjunto. Não obstante essa grande concentração, observam-se alguns casos de concentração de grupos muito produtivos em outros estados da federação. Destacam-se, pela massa crítica envolvida, a grande área das Engenharias e Ciência da Computação em Santa Catarina e na Paraíba, bem como as Ciências Exatas e da Terra no Estado de Pernambuco. Na direção oposta, vale assinalar o quase monopólio de São Paulo (68,9% dos grupos mais produtivos) e Rio Grande do Sul (10,0%) na pesquisa em Ciências da Saúde.

A localização institucional dos grupos mais produtivos obedece a um padrão bem determinado. Instituições de ensino superior pertencentes ao setor público, além de serem responsáveis pela maior parte da pesquisa no Brasil, devem, também, responder pela pesquisa de melhor qualidade. De todas as instituições que aparecem em todas as grandes áreas como muito produtivas em termos dos quatro *outputs* considerados, 90% são públicas e 85% são instituições de ensino superior. A USP aparece em 22 das 23 possibilidades nos cruzamentos das grandes áreas com cada um dos quatro produtos e é a instituição líder, com maior número de grupos dentre os mais produtivos em 14 possibilidades. Apenas quatro instituições, aparecem como muito produtivas em todas as grandes áreas: além da USP, a Unicamp, a Unesp e a UFRGS. Dentre os institutos de pesquisa, a presença mais destacada é a da Embrapa e no setor privado, merece destaque a participação da PUC/RJ.

Ainda para o conjunto de grupos mais produtivos, foi feito um exercício para medir a “densidade” desses grupos em relação ao total de grupos existentes nas instituições mais produtivas. Procurou-se avaliar se o número de grupos muito produtivos existentes em cada

uma delas está acima, igual ou abaixo do esperado, em relação ao conjunto de grupos para aquela grande área e para alguns *outputs* considerados relevantes para a grande área. As situações são muito diferentes para cada uma das grandes áreas e instituições, com a maioria delas alternando altas e baixas “densidades” nas diversas grandes áreas. Tomando apenas o exemplo da USP, a proporção de grupos muito produtivos dentre o total de grupos lá existentes está acima do esperado nas grandes áreas das Ciências Biológicas, Exatas e da Terra e, provavelmente, nas Ciências Humanas e Sociais.

SUGESTÕES PARA LEITURA

- Durham, E.R. e Gusso, D. Pós-Graduação no Brasil: Problemas e Perspectivas. Brasília, 1991, mimeo.
- Martins, Geraldo M. e Queiróz, R. – O Perfil do Pesquisador Brasileiro. Rev. Bras. Tecnol., vol.18, n° 6, 1987.
- Moura Castro, C. – Há Produção Científica no Brasil? in, Schwartzman, S. e Moura Castro, C. (orgs.). Pesquisa Universitária em Questão. Editora da Unicamp, Ícone Editora. São Paulo, CNPq. 1986.
- Rocha Neto, I. – Há produção científica no Brasil? Atualização e crítica: uma contribuição para o processo de avaliação & perspectivas. Brasília, Capes/MEC, 1988, mimeo.
- Schwartzman, S. – “Organização e Desempenho da Pesquisa Científica no Brasil”. Relatório de Pesquisa. Rio de Janeiro, Instituto Universitário de Pesquisas do Rio de Janeiro. Mimeo, 299pp., junho de 1985.
- Scivoletto, R. e Lopes, O. U. – Laboratórios Associados: um primeiro mapa. Ciência Hoje, vol.13, n.70, novembro de 1991.

O DESENHO ORIGINAL DO PROJETO DO DIRETÓRIO PREVÊ QUE, NOS ANOS ÍMPARES, A BASE SEJA ATUALIZADA E QUE, NOS ANOS PARES, ESSA ATUALIZAÇÃO SEJA PUBLICADA. DESSA FORMA, EM 1993 FOI-SE AO CAMPO E EM 1994 FORAM PUBLICADOS OS RESULTADOS. EM AGOSTO DE 1995 HAVERÁ UM NOVO TRABALHO DE CAMPO, COM UM FORMULÁRIO MELHOR DESENVOLVIDO E PROCURANDO Atingir SEGMENTOS INSTITUCIONAIS AINDA NÃO ALCANÇADOS NESTA PRIMEIRA VERSÃO.

Correções da primeira parte deste trabalho, publicada no número anterior

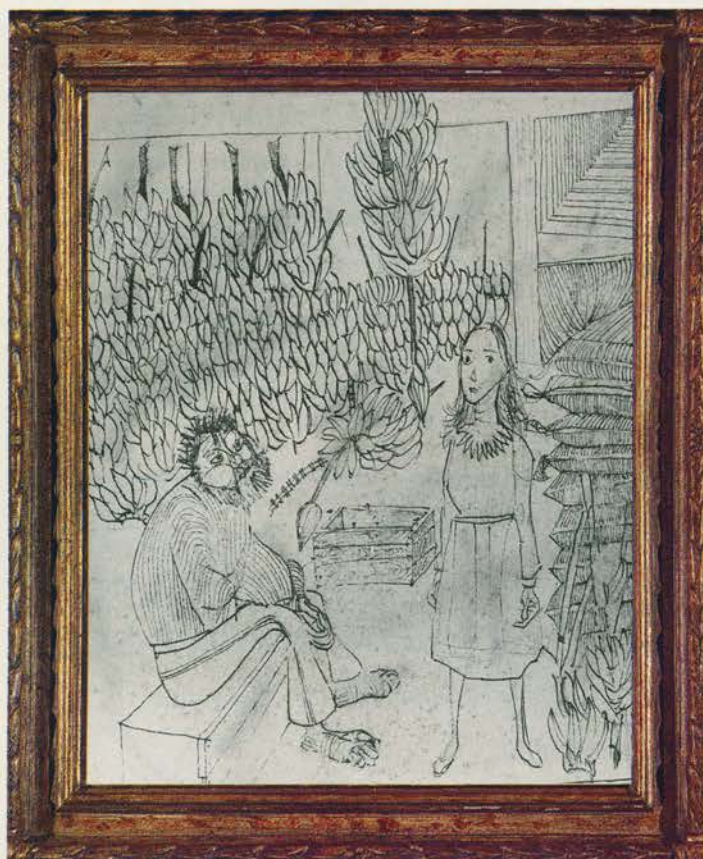
- Página 77, segundo parágrafo da primeira coluna: o número correto de grupos das Ciências Ambientais é 732 e não 734.
- Página 78, gráfico 1: a coluna vertical indica o percentual de grupos.
- Página 80, tabela 4: a terceira coluna da tabela refere-se a Grupos Individuais e não Industriais. No final do primeiro parágrafo do item A VARIAÇÃO DO NÚMERO DE LINHAS DE PESQUISA POR GRUPOS: onde se lê ‘Média e mediana’, leia-se ‘Moda e mediana’.
- Página 89, no final do parágrafo do item CONFIGURAÇÃO DOS GRUPOS DE PESQUISA SE ALTERA, onde se lê ‘o número médio de

5,6 registrado, em 1993, aumentou’, leia-se ‘o número médio de 5,6 registrado, em 1983, aumentou’.

- Algumas tabelas foram publicadas sem o título da primeira coluna:

Tabela 2 - Setores	Tabela 17 - Grandes Áreas
Tabela 5 - Grandes Áreas	Tabela 18 - Região
Tabela 6 - Titulação Máxima	Tabela 19 - Escolaridade
Tabela 8 - Titulação Máxima	Tabela 20 - Escolaridade
Tabela 11 - Região	Tabela 21 - Grandes Áreas
Tabela 13 - Grandes Áreas	

Houve Um Tempo Em Que Negociar Custos De Fitolito Podia Significar A Continuação Ou O Fim De Um Projeto Gráfico.



Este é um tempo passado.

Uma época em que informática e fitolito eram realidades distantes. O Studio Portinari nasceu a partir de uma base digital. Um fitolito equipado com sistema Scitex de última geração, instalado na Torre Rio Sul e que contratou e formou profissionais do mais alto nível para sua operação. Com esta configuração empresarial, você ganha qualidade e velocidade a um só tempo. Mais ainda, você negocia um fitolito calculado na relação direta homem/computador/hora, onde o preço depende de um tempo muito menor que o convencional. Ligue para o Studio Portinari e negocie seu fitolito. Você não vai negociar bananas mas seu trabalho vai ser tratado com o mesmo respeito e dedicação que esta obra de Candido Portinari.



TORRE DO RIO SUL - 27º ANDAR - RJ - TEL.: (021) 542-7979 - FAX.: 542-7692



SERVIÇOS CH

CADERNO COM **INFORMAÇÕES PRÁTICAS**
PARA QUEM ESTUDA, PESQUISA E
DESENVOLVE **ATIVIDADES CIENTÍFICAS**,
DE NORTE A SUL DO **BRASIL**.

Neste caderno:

1 • Órgãos e entidades que desempenham atividades relacionadas com a ciência e a tecnologia nos poderes executivo e legislativo federais. Informações prestadas pelo Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT), Departamento de Disseminação de Informação (DDI), Serviço de Marketing (SOMA).

2 • Publicações científicas:
atualização e correção de endereço

Coordenação: *José Monserrat Filho*

1) ATIVIDADES RELACIONADAS COM A CIÊNCIA E A TECNOLOGIA NO PODER LEGISLATIVO FEDERAL**CÂMARA DOS DEPUTADOS****Comissão de Ciência e Tecnologia, Comunicação e Informática**

Anexo II, sl. 14-A, Cep 70.160-000, Brasília, DF. Fone: (061) 318-6906/7/8/9. Fax: 318-2143.

Presidente: Marcelo Barbieri (PMDB/SP) • **1º Vice-Presidente:** Paulo Heslander (PTB/MG) • **2º Vice-Presidente:** Luiz Moreira (PFL/BA) • **3º Vice-Presidente:** Ivan Valente (PT/SP)

Membros titulares (51)	Membros suplentes (51)	Membros titulares	Membros suplentes
PFL/PTB = 11		PT = 05	
Antonio Joaquim Araujo (MA)	Antonio Geraldo (PE)	Ana Júlia (PA)	Chico Ferramenta (MG)
Arolde de Oliveira (RJ)	Aracely de Paula (MG)	Milton Temer (RJ)	Esther Grossi (RS)
Humberto Souto (MG)	Bonifácio de Andrade (MG)	Werder Wanderer (PR)/ PFL	Jair Meneghelli (SP)
João Iensen (PR)	Carlos Alberto (RN)	Tilden Santiago (MG)	Paulo Lima (SP)/PFL
José Jorge (PE)	César Bandeira (MA)		Pedro Wilson (GO)
José Mendonça Bezerra (PE)	Heráclito Fortes (PI)		
Maluly Neto (SP)	Leur Lomanto (BA)	PP = 03	
Paulo Bornhausen (SP)	Luciano Pizzatto (PR)	Edson Queiroz (CE)	Laprovita Vieira (RJ)
Paulo Cordeiro (PR)	Mauro Fecury (MA)	Flávia Derzi (MS)	Sérgio Naya (MG)
Vic Pires Franco (PA)	Mendonça Filho (PE)	Vadão Gomes (SP)	Silvernan Santos (RO)
	Vilson Santini (PR)		
PMDB = 11		PDT = 03	
Aloysio Nunes Ferreira (SP)	Edinho Araújo (SP)	Eurípedes Miranda (RO)	Antonio Joaquim (MT)
Carlos Apolinário (SP)	Geddel Vieira Lima (BA)	Itamar Serpa (RJ)	Cunha Lima (SP)
Cássio Cunha Lima (PB)	Henrique Eduardo Alves (RN)	Wolney Queiroz (PE)	Edson Ezequiel (RJ)
Gastão Vieira (MA)	Jorge Tadeu Mudalen (SP)		
Hélio Rosas (SP)	Laire Rosado (MG)	PL/PSD/PSC = 03	
João Almeida (BA)	Maurício Requião (PR)	Corauci Sobrinho (SP)	João Colaço (PE)
Pedro Irujo (BA)		Márcia Marinho (MA)	Romel Anízio (MG)
Pinheiro Landim (CE)		Pedro Canedo (GO)	Valdemar Costa Neto (SP)
Roberto Valadão (ES)			
Wagner Rossi (SP)		PSB/PMN = 02	
PSDB = 06		Jerônimo Reis (SE)	Gonzaga Patriota (PE)
José de Abreu (SP)	Adroaldo Streck (RS)	Sérgio Guerra (PE)	Ubaldo Júnior (BA)
Koyu Iha (SP)	Antonio Balhmann (CE)		
Roberto Santos (BA)	Antonio C. Pannunzio (SP)	PC do B	
Rommel Feijó (CE)	Arthur Virgílio Neto (AM)	Inácio Arruda (CE)	Socorro Gomes (PA)
Salvador Zimbaldi (SP)	Ayres da Cunha (SP)		
Domingos Leonelli (BA)	Flávio Arns (PR)		
PPR = 05			
Afonso Camargo (PR)	Carlos Airton (AC)		
Alzira Ewerton (AM)	Cunha Buenos (SP)		
Roberto Campos (RJ)	Gerson Peres (PA)		
Ubaldo Correa (PA) / PMDB	Nelson Marchezan (RS)		
Welson Gasparini (SP)	Raimundo Santos (PA)		

NO PRÓXIMO NÚMERO ÓRGÃOS E ENTIDADES QUE DESEMPENHAM ATIVIDADES RELACIONADAS COM A CIÊNCIA E A TECNOLOGIA NO PODER EXECUTIVO FEDERAL.

2) PUBLICAÇÕES CIENTÍFICAS: ATUALIZAÇÃO E CORREÇÃO DE ENDEREÇO

(CONTINUAÇÃO DO NÚMERO ANTERIOR)

Investigación Operativa - Publicação da Asociación Latino-Ibero-Americana. Editor: Celso Carneiro Ribeiro. Departamento de Informática da Pontificia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RJ), R. Marquês de São Vicente, 225, Cep 22453-900, Rio de Janeiro. Fone: (021) 529-9526. Fax: 511-5645.

Kriterion - Revista da Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Federal de Minas Gerais. Av. Antônio Carlos, 6.627, Pampulha, Belo Horizonte, MG. Fone: (031) 448-5026. Fax: 448-5060.

Manuscrito - Publicação do Centro de Lógica, Epistemologia e História da Ciência. Editor: Marcelo Dascal. Edi-

tora: Itala Maria Lofredo D'Ottaviano. Cx. Postal 6.133, Cep 13081-970, Campinas, SP. Fones: (0192) 39-7374. Fax: 39-3269.

Revista Árvore - Publicação da Sociedade de Investigações Florestais. Secretária: Suzana M. G. Carneiro. Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa. Cep 36571-000. Fone: (031) 899-2476. Fax: 891-2166/899-2478.

Revista Brasileira de Estatística - Publicação semestral mantida pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) há mais de 50 anos. Diretor: Djalma Galvão Carneiro Pessoa. R. André Cavalcanti, 106, Bairro de Fátima, Cep 20231-050, Rio de Janeiro, RJ.

Revista Produção - Publicação semestral indexada (ISSN 0103-6513) da Associação Brasileira de Engenharia de Produção (Abepro), editada pelo Departamento de Engenharia de Produção da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais. Editor: Jorge Tadeu de Ramos Neves. Rua Espírito Santo, 35, sala 721, Cep 30160-030, Belo Horizonte, MG. Fone: (031) 238-1935. Fax: 222-3433.

Síntese Nova Fase - Publicação trimestral da Faculdade de Filosofia do Centro de Estudos Superiores da Companhia de Jesus. Co-editor: Danilo Mondoni. Redação: Av. Dr. Cristiano Guimarães, 2127, Cep 31720-200, Belo Horizonte, MG. Fone: (031) 441-0233, ramal 127. Fax: 441-7227.



**TODO CIENTISTA NO
BRASIL PRECISA LER PELO
MENOS DOIS JORNAIS:
UM GRANDE E UM PEQUENO.**

**O PEQUENO VOCÊ ASSINA
PELO FONE
(021) 295-4442**

Publicada mensalmente sob a responsabilidade da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência.

Secretaria: Av. Venceslau Brás, 71, fundos, casa 27, Rio de Janeiro, CEP 22290-140. Tel.: (021) 295-4846. Fax: (021) 541-5342.

Editores: Ennio Candotti (Instituto de Física/UFRJ), Ronald Cintra Shellard (CBPF), Luiz Drude de Lacerda (Instituto de Química/UFRJ), Yonne Leite e Carlos Fausto (Museu Nacional/UFRJ), Vivaldo Moura Neto (Instituto de Biofísica/UFRJ), Francisco Carlos Teixeira da Silva (IFCS/UFRJ), Giulio Massarani (Programa de Engenharia Química/UFRJ).

Conselho Editorial: Alberto Passos Guimarães Filho (Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas/CNPq), Alzira de Abreu (Centro de Pesquisa e Documentação em História Contemporânea do Brasil/FGV), Ângelo Barbosa Machado (Instituto de Ciências Biológicas/UFMG), Carlos Morel (Fundação Oswaldo Cruz/RJ), Darcy Fontoura de Almeida (Instituto de Biofísica/UFRJ), Otávio Velho (Museu Nacional/UFRJ), Reinaldo Guimarães (Instituto de Medicina Social/UNERJ), Sonia de Campos Dietrich (Instituto de Botânica/SP).

Diretor: José Monserrat Filho.

Coordenação Executiva: Cilene Vieira.

Redação: Marília Mendes Pessoa (coordenação); Martha B. Neiva Moreira (auxiliar de redação); Maria Ignez Duque Estrada e Cássio Leite Vieira (edição de texto); Luisa Massarani (repórter); Micheline Nussenzweig (internacional); Helena Londres (Tecnologia); Teresa Cristina S. Coelho (secretária).

Edição de Arte: Claudia Fleury (coordenação), Carlos Henrique Viviane dos Santos (programação visual), Luiz Baltar (computação gráfica), Irani F. Araújo (secretária).

Ciência Hoje BBS (Bulletin Board System): Jesus de Paula Assis (Ciência Hoje Hipertexto), Cássio Leite Vieira e Marcelo Quintelas Lopes (SysOps/Ciência Hoje das Crianças Eletrônica), Rodolfo Patrocínio dos Santos (expedição). Para acessar o BBS disque: (021) 295-6198 (24 horas).

Administração: Lindalva L. Gurfield (gerente), Maria Elisa da Costa Santos (assistente), Luiz Tito de Santana, Pedro Paulo de Souza, Ailton Borges da Silva, Marly Onorato, Katia Maria A. L. Leiras, Luiz Claudio de Oliveira, Neusa Luiza de S. Soares.

Atendimento ao Assinante: Francisco Rodrigues Neto, Luciene de Santos Azevedo e Márcio de Souza, tel.: (021) 295-4846/270-0548.

Circulação: Adalgisa M. S. Bahri (gerente), Maria Lúcia G. Pereira (assistente), Moisés V. dos Santos, Delson Freitas, Márcia Cristina Gonçalves da Silva, R. Francisco Medeiros, 240, Higienópolis, Rio de Janeiro, tel.: (021) 270-0548.

Colaboraram neste número: Lenira Alcure e Angela Ramalho Vianna (edição de texto); Pedro M. Persechini (Inst. de Biofísica/UFRJ); Elisa Sankuevitz e M. Zilma Barbosa (revisão); Luiz Fernando P. Dias (analista de sistema).

Conselho Científico: Antônio Barros de Castro (Faculdade de Economia e Administração/UFRJ), Antônio Barros de Ulhoa Cintra (Hospital das Clínicas/UFRJ), Carlos Chagas Filho (Instituto de Biofísica/UFRJ), Carolina Bori (Instituto de Psicologia/USP), Crodovaldo Pavan (Instituto de Biologia/Unicamp), Dalmo Dallari (Faculdade de Direito/USP), Elisaldo Carlini (Departamento de Psicobiologia/EMP), Fernando Gallembeck (Instituto de Química/Unicamp), Francisco Welfort (Faculdade de Filosofia/USP), Gilberto Velho (Museu Nacional/UFRJ), Herbert Schubart (Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia), Herman Lent (Departamento de Biologia/Universidade Santa Úrsula), João Steiner (Instituto de Pesquisas Espaciais), José Antônio Freitas Pacheco (Instituto Astronômico e Geofísico/USP), José Goldenberg (Instituto de Física/USP), José Reis (SBPC), José Seixas Lourenço (Instituto de Geociências/UFGA), Luis de Castro Martins (Laboratório Nacional de Computação Científica/CNPq), H. Moysés Nussenzweig (Instituto de Física/UFRJ), Newton Freire-Maia (Departamento de Genética/UFRJ), Oscar Sala (Instituto de Física/USP), Oswaldo Porchat Pereira (Departamento de Filosofia/USP), Otávio Elísio Alves de Brito (Instituto de Geociências/UFMG), Ricardo Ferreira (Departamento de Química Fundamental/UFPE), Sylvio Ferraz Mello (Instituto Astronômico e Geofísico/USP), Telmo Silva Araújo (Departamento de Engenharia Elétrica/UFPA), Warwick E. Kerr (Universidade Federal de Uberlândia/MG).

Sucursal Belo Horizonte: Ângelo B. Machado, Roberto Barros de Carvalho (coordenação de jornalismo), Marise de Souza Muniz (Departamento de Zoologia, Instituto de Ciências Biológicas/UFMG), C. Postal 486, CEP 31270-901, Belo Horizonte, MG, tel. e fax: (031) 443-5346.

Sucursal Brasília: Margaret Marmori - Edifício Multi-uso I, Bloco C, térreo, sala CT65, Campus Universitário, UnB, C. Postal 04323, CEP 70910-900, Brasília, DF, tel. e fax: (061) 273-4780.

Sucursal Recife: Luiz Antonio Marcusch, Angela Weber - Av. Luís Freire s/nº, CCN, Área I, Cidade Universitária, CEP 50740-540, Recife, PE, tel. e fax: (081) 453-2676.

Sucursal São Paulo: Vera Rita Costa (coordenação), Itamar

Cavalcante (jornalista), Ricardo Zorzetto (estagiário), Fernando E. Costa Pereira (auxiliar), Celso Dal Ré Carneiro (IPT), Paulo Cesar Nogueira e Soraya Smali (Unifesp). USP, Prédio da Antiga Reitoria, Av. Prof. Luciano Gualberto, 374, trav. J, 4º andar, salas 410/414, Cidade Universitária, CEP 05508-900, São Paulo, SP, telefax: (011) 818-4192/814-6656.

Correspondentes: **Porto Alegre:** Ludwig Buckup (Departamento de Zoologia, UFRGS), Av. Paulo Gama, 40, CEP 90046-900, Porto Alegre, RS, tel.: (051) 228-1633, r. 3108. **Curitiba:** Glaci Zancan (Departamento de Bioquímica, Universidade Federal do Paraná, Campus Universitário Jardim das Américas), CEP 81530-900, Curitiba, PR, tel.: (041) 266-3633, r. 184. **Campina Grande:** Mário de Souza Araújo Filho (Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal da Paraíba), Rua Nilda de Queiroz Neves, 130, CEP 58108-670, Campina Grande, PB, tel.: (083) 321-0005.

Correspondente em Buenos Aires: Revista *Ciencia Hoy*, Corrientes 2835, Cuerpo A, 5º A, 1193, Capital Federal, tels.: (00541) 961-1824 / 962-1330.

Assinatura para o exterior (11 números): US\$ 100 (via aérea).

Assinatura para o Brasil (11 números): R\$ 60,00.

Fotolito: Studio Portinari Matrizes Gráficas. **Impressão:** Bloch Editores S.A. **Distribuição em bancas:** Fernando Chinaglia Distribuidora S.A. **ISSN-0101-8515.**

Colaboração: Para a publicação desta edição, *Ciência Hoje* contou com o apoio do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), Laboratório Nacional de Computação Científica (LNCC), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e Universidade Federal do Espírito Santo (UFES).

Publicidade: **Rio de Janeiro:** Yeda Mary Marcanth, Junia Pousa C. de Paiva, Paulo Prata (gerente de marketing), tel.: (021) 295-4846, fax: (021) 541-5342. **Brasília:** Deusa Ribeiro, tel.: (061) 577-3494, fax: (061) 273-4780.

FBB
FUNDAÇÃO BANCO DO BRASIL

Programa de Apoio a Publicações Científicas

SCT/PR
 CNPq
 FINEP



A Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência foi fundada em São Paulo, em 1948. É uma entidade civil sem fins lucrativos nem cor política e religiosa, voltada para a promoção do desenvolvimento científico e tecnológico no país.

Desde sua fundação organiza e promove reuniões anuais, com a participação de cerca de 70 sociedades e associações científicas das diversas áreas do conhecimento, onde professores e estudantes discutem seus programas de pesquisa. Temas e problemas nacionais e regionais são debatidos com participação franca e aberta do público em geral. Através de suas secretarias regionais promove simpósios, encontros e iniciativas de difusão científica ao longo de todo o ano. Mantém ainda quatro projetos nacionais de publicação: a revista *Ciência e Cultura* (1948-) e a revista *Ciência Hoje* (1982-), que se destinam a públicos diferenciados, o *Jornal da Ciência Hoje* (1986-) e a revista *Ciência Hoje das Crianças* (1990-).

Podem associar-se à SBPC cientistas e não-cientistas que manifestem interesse pela ciência: basta ser apresentado por um sócio ou secretário-regional e preencher o formulário apropriado. A filiação efetiva-se após a aprovação da diretoria, e dá direito a receber o *Jornal da Ciência Hoje* e a obter um preço especial para as assinaturas das revistas.

Sede Nacional: Rua Maria Antônia, 294, 4º andar, CEP 01222-010, São Paulo, SP, tel.: (011) 259-2766, fax: (011) 606-1002

Regionais: **AC** - Departamento de Filosofia/UFAC, CEP 69900-900, Rio Branco, AC, tel.: (068) 226-1422 (Marcos Inácio Fernandes); **AL** - Centro de Ciências Biológicas/UFAL, Praça Afrânio Jorge, s/nº, CEP 57072-900 - Maceió - AL, tel.: (082) 223-5613 / 326-1730, fax: (082) 221-2501 / 221-3377 (Winston Menezes Leahy); **AM** - INPA, Alameda Cosme Ferreira, 1756,

CEP 69083-000, Manaus, AM, tel.: (092) 236-0009 (Vera Maria Fonseca de Almeida e Val); **BA** - Instituto de Física/UFBA, Campus Universitário da Federação, CEP 40210-350 - Salvador, BA, tel.: (071) 247-2033/247-2343/247-2483, fax: (071) 235-5592 (Alberto Bruno Novaes); **CE** - UFCE/Campus do Pici, CEP 60000-000 - Fortaleza, CE, tel.: (085) 223-7012 (José Borzacchiello da Silva); **Curitiba** (seccional) - Departamento de Genética/Setor de Ciências Biológicas/UFPR, Caixa Postal, 19071, CEP 81504-970 - Curitiba, PR, (Euclides Fontoura da Silva Júnior); **DF** - Departamento de Física/UnB, Campus Universitário/Asa Norte, CEP 70910-900, Brasília, DF, tel.: (061) 273-1029 (Tarcísio Marciano da Rocha Filho); **ES** - Departamento de Física e Química/UFES, Campus Universitário de Goiabeira, CEP 29069-900, Vitória, ES, tel.: (027) 325-1711, r. 425, fax: (027) 335-2337; **Londrina** (seccional) - Fundação IAPAR, Caixa Postal, 1331, CEP 86001 - Londrina, PR, tel.: (0432) 26-1525 r. 256 (Paulo Varela Sendin); **MA** - UFMA, Largo dos Amores, 21, CEP 65020-000, São Luiz, MA, tel.: (098) 221-1354 (Maria Marlúcia Ferreira Correia); **MG** - Fundação Ezequiel Dias, Rua Conde Pereira Carneiro, 80, CEP 30510-010, Belo Horizonte, MG, tel.: (031) 332-2077 r. 280 (Maria Mercedes Valadares Guerra Amaral); **MS** - Departamento de Comunicação e Arte/UFMS, Caixa Postal 649, Campus Universitário, CEP 79070-900, Campo Grande, MS, tel.: (067) 787-3311 (Eron Brum); **PB** - Centro de Ciências e Tecnologia/Departamento de Engenharia Elétrica/UEPB, Rua Aprígio Veloso, 882, Bodocongo, CEP 58109-000, Campina Grande, PB, tel.: (083) 333-1000, r. 342/412, fax: (083) 341-4795 (Mário de Souza Araújo Filho); **PE** - Departamento de Física/UFPE, Av. Prof. Luiz Freire, s/nº, Cidade Universitária, CEP 50670-901, Recife, PE, tel.: (081) 271-8450, fax: (081) 271-0359 (Sérgio Machado Rezende); **PI** - Departamento de Física do CCN/UFPI, Campus Universitário do Ininga, CEP 64051-400, Teresina, PI, tel.: (086) 232-1211, r. 283, fax: (086) 232-2812 (Paulo Romulo de Oliveira Frotas); **Pelotas** (seccional) - Departamento de Matemática/UFPEL, CEP 96100, Pelotas, RS, tel.: (0532) 23-0882, (Lino de Jesus

Araújo); **PR** - Departamento de Biologia Celular e Genética/UFPR, Av. Colombo, 3690, CEP 87020-900, Maringá, PR, tel.: (0442) 62-1478/26-2727, fax: (0442) 22-2754 (Paulo César de Freitas Mathias); **RJ** - Instituto de Matemática/UFRJ, Caixa Postal 68530, CEP 21949-900, Rio de Janeiro, RJ, tel.: (021) 260-1884 (Arnaldo Nogueira); **RN** - Departamento de Arquitetura/UFRRN, Caixa Postal 1699, CEP 59072-970, Natal, RN, tel.: (084) 231-9763, fax: (084) 231-9048/9740 (Ari Antônio da Rocha); **RO** - Departamento de Educação Física/UFRO, Campus José Ribeiro Filho, CEP 78904-420 - Porto Velho, RO, tel.: (069) 221-9408 (Célio José Borges); **RS** - UFRGS, Av. Paulo Gama, 110, CEP 90046-900, Porto Alegre, RS, tel.: (051) 336-0055 r. 6762 (Abílio Baeta Neves); **Rio Grande** (seccional) - Departamento de Oceanografia/Fundação Universidade do Rio Grande, Caixa Postal 474, CEP 96201-900, Rio Grande, RS, tel.: (0536) 32-9122, fax: (0536) 32-8510; **Santa Maria** (seccional) - UFMS, Rua Floriano Peixoto, 1750, sala 315, CEP 97060, Santa Maria, RS, tel.: (055) 221-5829 (Eduardo Guilherme Castro); **SC** - Departamento de Ciências Farmacêuticas/GIF/CCS/Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Trindade, CEP 88040-900, Florianópolis, SC, tel.: (0482) 31-9350, fax: (0482) 34-1928 (Cláudia Maria Oliveira Simões); **SE** - Departamento de Letras/UFSE, Campus Universitário, CEP 49000-000, Aracaju, SE, tel.: (079) 224-1331, r. 355 (Antônio Pociano Bezerra); **SP** - (subárea I) - Departamento de Biologia/Instituto de Biociências/USP, Caixa Postal 11461, CEP 05499-970, São Paulo, SP, tel.: (011) 64-4746 (Luiz Carlos Gomes Simões); **SP** - (subárea II) - Departamento de Genética/ESALQ, Av. Pádua Dias, 11, CEP 13400-000, Piracicaba, SP, tel.: (0194) 33-0011, r. 126 (Giancarlo Conde Xavier Oliveira); **SP** - (subárea II, seccional de Botucatu) - Departamento de Genética/UNESP, CEP 18618-000, Botucatu, SP, tel.: (0149) 21-2121, r. 229/220461 (Dértia Villalba Freire-Maia); **SP** - (subárea III) - DCCV/FCAU/UNESP, Rod. Carlos Tonani s/nº, km 5, CEP 14870-000 - Jaboticabal, SP, tel.: (0163) 22-2500, r. 219/220, fax: (0163) 22-4275 (Áureo Evangelista Santana).



Qual é a imagem que você tem de Pernambuco?

Se você acha que é a da esquerda, felizmente você está certo. Uma das maiores riquezas de Pernambuco são os recursos hídricos. Onze rios cortam o Estado, sem contar com o grande São Francisco. Só que essa riqueza não é perene. À exceção do São Francisco e dos rios litorâneos, que correm diretamente para o Atlântico, todos os outros têm regimes temporários: fluem somente na estação das

chuvas. Mas, se você acha que a verdadeira imagem de Pernambuco é a da direita, infelizmente você está certo também. Quando faltam as chuvas, a seca - que é cíclica - instala-se no Agreste e no Sertão e o que resta é a terra crestada, abandonada aos poucos por quase todo tipo de vida. Nessa hora, surgem as medidas conjunturais de emergência, as frentes de trabalho, os programas assis-

tenciais. Mas o Governo de Pernambuco sabe que isso ameniza, porém não resolve o problema. Que é necessário tomar medidas estruturais, para aliviar os dramas da estiagem. E vem tomando. Os trabalhos de construção de barragens e adutoras estão sendo retomados agora. Prontas, elas vão beneficiar milhares de pessoas e perenizar rios e pequenos córregos temporários. O resultado será

a fixação do homem na terra, maior expectativa de vida e melhores condições de renda e de trabalho. Para que a água, um bem universal, seja de fato um patrimônio de todos.



Na Baía de Ilha Grande, a Petrobras lançou a semente do que pode ser um exemplo em toda a costa brasileira: a pedra fundamental de um laboratório de larvicultura e pesquisas oceanográficas, uma das bases do Projeto de Povoamento Marinho da Baía de Ilha Grande—POMAR.

O POMAR é uma iniciativa do Instituto de Ecodesenvolvimento da Baía de Ilha Grande, o IED-BIG, uma associação

civil, sem fins lucrativos, da qual a Petrobras faz parte.

Seus objetivos são transparentes nos mares da Ilha Grande: estudar e proteger o ecossistema, recuperar sócio-economicamente a pesca artesanal da região, melhorar a qualidade de vida dos habitantes e

**A Petrobras
não foi ao mar
de Angra para
tirar petróleo.**

Foi plantar peixe.

criar a Universidade do Mar, integrando Universidade, Governo, Empresas e Comunidade.

O Laboratório que a Petrobras vai construir e equipar, na Vila Residencial da Petrobras, no km 81 da Rodovia Rio-Santos (BR 101), em Angra dos Reis, é condição essencial para o POMAR crescer.

Nele, cientistas e técnicos vão pesquisar o potencial das águas da Baía e passar os conhecimentos e tecnologias

adquiridos para a população.

Em breve, muitos pescadores já estarão cultivando suas fazendas marinhas.

Colhendo mais peixes, ostras, mariscos... Frutos que a Petrobras vai ensinar a plantar em pleno verde do mar da Baía de Ilha Grande.

