



Potencializado pela necessidade de reduzir as emissões de gases causadores do efeito estufa, o desenvolvimento de fontes de energia renováveis e limpas dificilmente resultará num modelo hegemônico. A tendência é que cada país crie uma combinação própria de matrizes, escolhida entre várias categorias de biocombustíveis, a energia solar ou a eólica e, mais tarde, provavelmente o hidrogênio, capaz de lhe garantir eficiência energética e ajudar o mundo a atenuar os efeitos das mudanças climáticas. O estado da arte na pesquisa básica e no desenvolvimento tecnológico aponta para esse caminho, como mostrou o *workshop* Physics and Chemistry of Climate Change and Entrepreneurship, que reuniu pesquisadores brasileiros e britânicos no auditório da FAPESP, na capital paulista, nos dias 26 e 27 de fevereiro.

Organizado pela Fundação e pelas instituições britânicas Institute of Physics (IOP) e Royal Society of Chemistry (RSC), com apoio da Embaixada Britânica em Brasília, da Academia Nacional de Ciências do Reino Unido e da The Royal Society, o evento discutiu experiências levadas a cabo em várias partes do mundo, com destaque para o Brasil e o Reino Unido, países que recentemente tomaram decisões ambiciosas para enfrentar as mudanças climáticas. Enquanto o governo britânico comprometeu-se a reduzir nada menos do

que 80% das emissões de gases estufa até 2050, o brasileiro estabeleceu para o ano de 2020 o desafio de diminuir em 80% o desmatamento da Amazônia, responsável pela metade de sua contribuição para o aquecimento global. "Os compromissos são importantes, porque o planeta ficará mais quente por mais tempo se demormos a agir", disse Carlos Nobre, pesquisador do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) e coordenador do Programa FAPESP de Pesquisa sobre Mudanças Climáticas Globais, que vai investir R\$ 100 milhões nos próximos dez anos – ou cerca de R\$ 10 milhões anuais – na articulação de estudos básicos e aplicados sobre as causas do aquecimento global e de seus impactos sobre a vida das pessoas. As atividades do *workshop* integram os esforços desse programa. "Nossa intenção é impulsionar a mitigação das mudanças climáticas e promover o empreendedorismo no campo das tecnologias limpas, ao fazer um balanço dos progressos recentes nos dois países", afirmou Nobre.

Naturalmente, a experiência brasileira com biocombustíveis teve um espaço importante no *workshop*. O físico Carlos Henrique de Brito Cruz, diretor científico da FAPESP, fez uma apresentação sobre o sucesso da tecnologia de produção do etanol a partir de cana-de-açúcar, responsável atualmente pela metade do combustível consumido pelos automóveis brasileiros. Além de

CAPA

Cardápio energético

Cada país terá uma combinação própria de fontes limpas de energia para enfrentar as mudanças climáticas, conclui *workshop*

FABRÍCIO MARQUES



Mudanças globais poderão aumentar o potencial da energia eólica

substituir parte do petróleo, o etanol tem a seu favor o fato de produzir menos dióxido de carbono (CO₂) que a gasolina e parte significativa desse gás ser reabsorvido pela cana na safra seguinte. O aumento da produtividade da cana desde a década de 1970 tem sido de 4% ao ano, graças à pesquisa

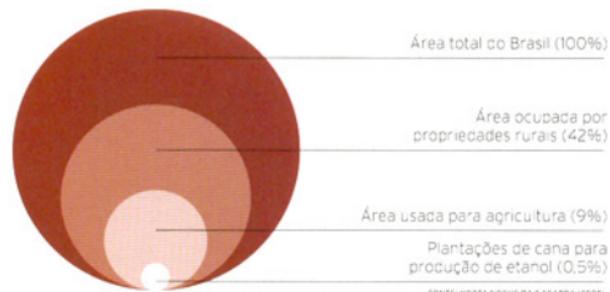
que multiplicou o número de cultivares da planta, adaptando-a a diferentes realidades. Tais ganhos distanciam a tecnologia brasileira da utilizada nos Estados Unidos, que extraem etanol de milho e são os maiores produtores mundiais do combustível a poder de pesados subsídios. "A grande questão é

até que ponto seguiremos ampliando a produtividade do etanol de cana", disse Brito Cruz. Para preservar a liderança tecnológica do Brasil – em especial de São Paulo, que concentra a maior parte das plantações e do parque de usinas de álcool do país – foi lançado em junho do ano passado o Programa FAPESP de Pesquisa em Bioenergia (Bioen), que tem a ambição de estimular e articular as atividades de pesquisa em instituições paulistas e aperfeiçoar a *expertise* que já existe nessa área.

O Brasil é um país atípico em matéria de matrizes energéticas. Graças a investimentos em usinas hidrelétricas e em biocombustíveis, extrai 46% de sua energia de fontes renováveis, muito além da média mundial, de 13%, e da taxa de 6% dos países mais industrializados do planeta, aqueles que integram a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE). O investimento na tecnologia do álcool combustível remonta ao final dos anos 1970, quando o país, abatido pelos choques do petróleo, começou a investir em tecnologias de exploração de petróleo em águas profundas e

Potencial para crescer

A área plantada para produção de etanol de cana equivale a apenas 0,5% do território nacional



Com o advento dos carros flex, a gasolina é que se transformou no combustível alternativo do Brasil

também na busca de combustíveis alternativos. Os carros a álcool tomaram as ruas do país na década de 1980, mas quase desapareceram nos anos 1990, com a queda do preço do petróleo. A partir de 2003, com o advento dos carros flex, que rodam com gasolina, etanol ou qualquer mistura dos dois, o álcool combustível recuperou o terreno perdido. Hoje cerca de 10% dos carros novos vendidos no Brasil são flexíveis. "A gasolina é que se tornou o combustível alternativo no Brasil", observou Brito Cruz, ao lembrar que, se o álcool é vendido puro nas bombas dos postos, a gasolina é comercializada misturada a 25% de etanol.

Bruto Cruz destacou que a viabilidade da produção do combustível extraído da cana não deve ser encarada como uma saída obrigatória para outras nações. "As soluções serão peculiares em cada país e em cada região. Após a Segunda Guerra Mundial, todos os países passaram a perseguir a meta de gerar sua própria energia ou, quando isso não é possível, garantir o suprimento por fontes seguras vindas de outros países. E cada um seguiu esse caminho buscando estratégias viáveis para sua realidade", afirmou. A ideia corrente de que o avanço da cana ampliaria o desmatamento da Amazônia foi contestada pelo diretor científico da FAPESP. "Por uma série de motivos, é uma má ideia plantar cana na Amazônia", afirmou, mostrando, no mapa

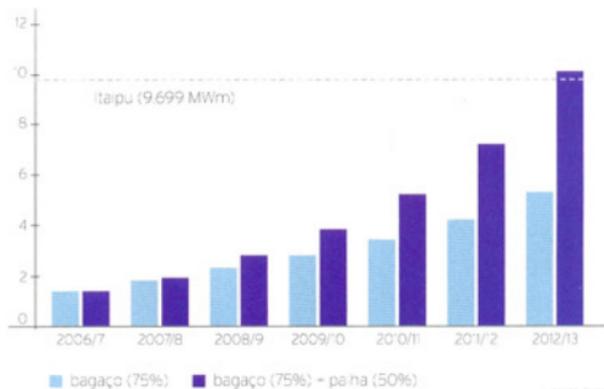
brasileiro, que as principais áreas de plantio, em São Paulo e no Nordeste, situam-se a pelo menos 2 mil quilômetros da floresta. Também abordou a polêmica internacional segundo a qual o aumento da área plantada para produzir biocombustíveis resultaria numa oferta menor de alimentos. Pelo menos no caso brasileiro isso não

é verdade, pois apenas 1% da área agricultável no Brasil (ou 0,5% do território brasileiro) é ocupada pela produção de cana para produção de etanol, enquanto 49% desse território é dedicado a pastagens. "É possível ampliar várias vezes a área plantada no Brasil sem causar impacto na produção de alimentos e sem a necessidade de desmatar novas áreas", disse, mostrando que essa realidade pode reproduzir-se também no continente africano, dotado de áreas não utilizadas que poderiam ser direcionadas à produção de bioenergia.

A polêmica havia emergido logo nas primeiras apresentações do *workshop*, quando Richard Pike, executivo-chefe da Royal Society of Chemistry, criticou a opção de investir em biocombustíveis para substituir os derivados de petróleo, sob o argumento de que isso colocaria em risco a segurança alimentar. E sustentou que, no caso da Grã-Bretanha,

Uma Itaipu de bagaço e palha

A geração de eletricidade com a queima de bagaço e palha de cana poderá superar em 2013 a capacidade da maior hidrelétrica brasileira - em 1.000 megawatts médios (MwM)





Coletor na Alemanha: 40% do potencial fotovoltaico é aproveitado

a energia solar e o combate ao desperdício são as soluções mais sustentáveis para atingir a meta de cortar as emissões em 80%. "Se a diretoria da União Europeia de substituir 5,75% dos combustíveis fósseis por biocombustíveis até 2010 fosse aplicada, mais de 19% da área agricultável da Europa seria comprometida", afirmou. Na apresentação seguinte, Pike foi contestado pelo físico José Goldemberg, ex-reitor da Universidade de São Paulo, para quem o diagnóstico do britânico padece de uma "visão eurocêntrica". "Aqui no Brasil há terra disponível para plantar cana. É só vocês importarem o etanol do Brasil em vez de produzi-lo", afirmou. "A produção de chá da Inglaterra dependia da importação de matéria-prima das Índias no século XIX."

Sinergia - Fernando Galembeck, professor do Instituto de Química da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), mostrou que o contínuo investimento em ciência, tecnologia e inovação no âmbito da produção de cana-de-açúcar também resultou na produção de outros

itens, além do açúcar e do etanol, como a lisina usada em suplementos alimentares, poliésteres, celulose, vitamina B, solventes, polietileno e energia elétrica com o bagaço, num exemplo de sinergia entre alimentos, combustíveis e produção de materiais. "A cana é um poderoso recurso de alimento, combustível e materiais. A área plantada em 2007 era de 2 megahectares (Mha), mas existem no Brasil cerca de 80 Mha de pastagem, grande parte subutilizados", destacou.

Esforços de pesquisa básica e aplicada em busca do que se convencionou chamar de etanol de segunda geração, a ser extraído de lignocelulose, foram explorados pelo britânico Richard Templar, do Imperial College, e pelo brasileiro Elói Garcia, do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Inmetro). O desenvolvimento de tecnologias para produzir etanol de lignocelulose abre a perspectiva de multiplicar a produção do combustível, extraindo-o de plantas e resíduos agroindustriais. No caso da cana, permitiria o aproveitamento do bagaço e da palha, que compõem dois terços da biomassa da planta. Templar mostrou o trabalho da Porter Alliance, rede de 130 pesquisadores de diversas instituições britânicas, para desenvolver opções sustentáveis de combustíveis renováveis a partir de lignocelulose. Entre as linhas de investigação há, por exemplo, estudos genéticos para obtenção de novas variedades de plantas ricas na matéria-prima, como o salgueiro, o álamo e gramíneas do gênero *Miscanthus*, e a otimização de processos que degradem as fibras e permitam a extração do combustível – com o uso, por exemplo, do fungo da podridão-parda (*Gloeophyllum trabeum*). "Nenhuma instituição de pesquisa sozinha conseguirá determinar quais serão as escolhas mais sustentáveis. Esse trabalho terá de envolver a cooperação do

Até 2020, cada país europeu deverá ter dez fontes renováveis a mais que as atuais

mundo inteiro”, afirmou Templer. Já Elói Garcia mostrou as pesquisas realizadas pelo Inmetro, em parceria com o Centro de Pesquisas e Desenvolvimento da Petrobras (Cenpes), utilizando o aparelho digestivo de animais e insetos alimentados com bagaço de cana como modelo para o estudo de microrganismos e enzimas capazes de degradar a lignocelulose. Os modelos estudados até agora envolvem ruminantes como bovinos e cabras, além de cupins, baratas e besouros.

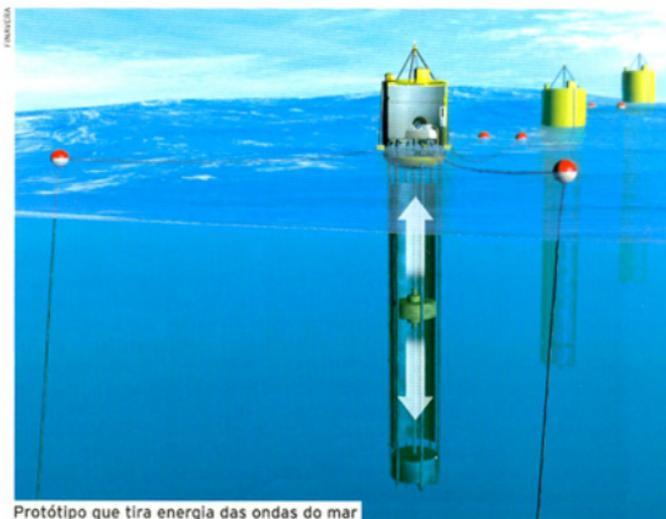
A energia solar é uma das grandes apostas da Europa na busca de matrizes energéticas renováveis. A Alemanha, por exemplo, se destacou por aproveitar 40% de seu potencial fotovoltaico, num esforço revelador de que, quando a produção industrial da tecnologia dobra, seu custo de produção cai em cerca de 20%. Com 20 anos de experiência, a Alemanha deve conquistar em uma década a paridade com a energia convencional, na casa do US\$ 0,20 por quilowatt-hora (kWh). O custo atual da energia fotovoltaica na Alemanha é de US\$ 0,43 por kWh. Ian Forbes, da Escola de Computação, Engenharia e Ciências da Informação da Universidade de Northumbria, apresentou no *workshop* os esforços de pesquisa da Inglaterra, que tem níveis de insolação apenas ligeiramente inferiores aos da Alemanha, na busca de novos materiais para aperfeiçoar a tecnologia das células fotovoltaicas. A segunda geração dessa tecnologia, que conseguiu reduzir custos substituindo as placas de silício por outros materiais semicondutores, esbarra na escassez de alguns de seus compostos, como o gálio e o índio. “Em congressos realizados na Europa, especialistas estimam que, até 2020, a energia solar fotovoltaica poderá suprir mais de 90% da demanda por eletricidade no continente”, disse.

Design de construções - O pesquisador britânico John Twidell também destacou que a energia solar terá utilidades diversas, no aquecimento e no

bombeamento de água, na geração de eletricidade e na refrigeração. “As células fotovoltaicas terão de ser integradas ao *design* das construções. E os arquitetos precisarão ser treinados para isso”, afirmou Twidell, diretor do Centro Amsel da Universidade de Montfort, no Reino Unido, que patrocina pesquisa e educação em energias renováveis e sustentabilidade. Para ele, o desenvolvimento da energia solar, que ainda carece de avanços tecnológicos para tornar-se mais eficiente e competitiva, depende da criação de políticas públicas que estimulem a mudança tecnológica. Citou o caso da União Europeia, que estabeleceu o ano de 2020 para que 20% da energia utilizada em seus países venha de fontes renováveis. Ainda de acordo com essas metas, para abastecer sua população e indústria em diferentes setores econômicos, cada um dos 27 países da União Europeia deverá ter, pelo menos, dez fontes de energias renováveis a mais do que as atuais. “Na

Grã-Bretanha, por exemplo, todos os novos edifícios deverão seguir o conceito de carbono zero até 2018. Se essas construções utilizarem energia que contribua para a emissão de carbono, por exemplo, elas terão que compensar com o uso de alternativas como células fotovoltaicas, energia eólica ou biocombustíveis”, explicou.

Desinfecção - Entre as diversas aplicações da energia solar, Patrick Dunlop, pesquisador da Universidade do Ulster, na Irlanda, apresentou o trabalho de seu grupo para desenvolver métodos de baixo custo para a desinfecção da água através de sua exposição ao sol, talhados para regiões pobres ou que vivam situação de emergência em relação ao tratamento da água. Em dias ensolarados, seis horas de exposição são suficientes para matar uma ampla gama de microrganismos. Crianças que recebem água tratada nesse esquema têm uma chance sete vezes menor de



Protótipo que tira energia das ondas do mar

Ideias para combater efeitos do aquecimento global sem reduzir as emissões de carbono ainda são inviáveis

contrair cólera em relação às demais. "Se hoje 1,8 bilhão de pessoas não têm acesso a água adequadamente tratada, as mudanças climáticas podem deixar esse quadro ainda mais dramático", disse Dunlop. As estratégias, que estão sendo testadas em países como Quênia, África do Sul e Zimbábue, envolvem desde a montagem de equipamentos portáteis de fotocatalise até a distribuição de sacos plásticos e garrafas especiais, destinadas a facilitar o armazenamento da água para sua purificação com a radiação solar.

Se o Brasil avançou na tecnologia do etanol, não se pode dizer o mesmo em relação às energias solar e eólica. O Brasil dispõe do dobro dos níveis de insolação da Alemanha, que abriga o maior mercado no mundo de energia solar, mas ela se restringe ao aquecimento de água em residências e à geração de eletricidade em áreas remotas. O problema é alto custo dos equipamentos. A matriz nem sequer é citada no Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), do governo federal. Em relação à energia eólica, a situação é um pouco melhor. Dados apresentados no *workshop* por Enio Bueno Pereira, pesquisador do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), mostram que, embora a capacidade instalada de geração de energia eólica tenha se multiplicado por oito entre 2005 e 2007, está ainda num patamar muito baixo:

no ano passado, a capacidade instalada era de 247 megawatts (MW), ante 8 mil MW da China e 6 mil MW da Índia, países que vêm investindo pesadamente nessa matriz energética. Estima-se que o Brasil tenha potencial para 143,5 gigawatts de energia eólica, a metade disso apenas na Região Nordeste. De acordo com Pereira, modelos computacionais sugerem que o potencial da energia eólica do Brasil pode se ampliar com as mudanças climáticas, graças a um possível aumento do regime de ventos de alguns estados da Região Norte, como o Pará.

O físico Luiz Pinguelli Rosa, professor da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e diretor de seu instituto de pesquisa e pós-graduação em engenharia (Coppe), criticou o avanço da termoeletricidade como matriz energética do Brasil e mostrou que o potencial de exploração da energia hidrelétrica, bem menos poluente, ainda é grande no país. "Na contramão da história, o governo brasileiro passou a apostar até em termoeletricas movidas a gás natural e a diesel", disse o professor. Secretário executivo do Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas, Pinguelli deu uma explicação para a opção brasileira. Segundo ele, enquanto é grande a resistência à criação de novos lagos e barragens, pouca gente enxerga os prejuízos, inclusive à saúde humana, de queimar óleo para produzir energia. "O movimento dos

atingidos por barragens é bastante articulado, e não sem razão, porque historicamente foram muito mal tratados pelas autoridades", afirmou. O físico encerrou sua apresentação no *workshop* falando de oportunidades tecnológicas. Apresentou um filme mostrando o protótipo de uma usina, desenvolvido pela Coppe, que aproveita a flutuação das ondas do mar para gerar energia.

A pesquisa no campo da biogeoenharia, embora esteja longe de oferecer alternativas de curto prazo, obteve avanços nos últimos anos nos Estados Unidos, graças ao estímulo do governo George W. Bush, para quem o enfrentamento do aquecimento global se faria não por meio da redução do uso de combustíveis fósseis, mas da criação de um aparato de soluções tecnológicas capazes de amenizar os efeitos das mudanças globais. Entre as ideias em estudo, há desde expedientes como capturar o carbono da atmosfera por meio de "árvores artificiais" e confiná-lo no subsolo, bombeando dióxido de carbono em estado líquido no espaço que já foi ocupado por reservas de petróleo e gás exploradas, até mecanismos que já se aproximam das experiências de campo, como a fertilização dos oceanos por meio do lançamento de ferro solúvel ou o uso de bombas para trazer águas das profundezas para a superfície, ambos com potencial para estimular a produção de algas e aumentar a absorção de carbono pelo mar. De acordo com Paul Valdes, professor da Universidade de Bristol, muitas dessas ideias são economicamente inviáveis com base na tecnologia atual. "Mas elas tendem a parecer menos absurdas com a demora em fazer o que precisa ser feito, que é reduzir as emissões", afirmou Valdes, no *workshop* realizado na sede da FAPESP.

Raios refletidos - De acordo com o professor, as soluções de biogeoenharia soam mais factíveis quando se referem a estratégias para aumentar o

albedo (a refletividade dos raios solares num objeto) da superfície terrestre – com a finalidade de resfriar o ambiente e contrabalançar os efeitos do aquecimento. “Observe-se que esses esquemas podem mitigar alguns efeitos das mudanças climáticas, mas não evitam, por exemplo, o processo de acidificação dos oceanos causado pelo aumento de carbono da atmosfera, que gera impactos na biodiversidade marinha como a morte de corais”, afirmou. É certo que, entre os esquemas para aumentar o albedo, figuram ideias que remetem à ficção científica, como instalar gigantescos espelhos em órbita destinados a

refletir parte da radiação solar ou cobrir desertos com material refletivo, para reduzir a temperatura do planeta.

Mas também há aplicações mais prosaicas, como o plantio de culturas agrícolas com maior capacidade de refletir a radiação solar ou o uso em construções de materiais capazes de promover o mesmo efeito. Fernando Galembeck, da Unicamp, lembrou do pigmento que ele e sua equipe desenvolveram na Unicamp e com tecnologia transferida para a empresa Bunge. Usado nas tintas brancas, o pigmento branco nanoestruturado aumenta a refletividade da luz solar das paredes

e construções diminuindo o calor e o uso do ar-condicionado. Valdes citou pesquisas realizadas na Inglaterra segundo as quais certas variedades de sorgo, cevada e milho possuem albedo significativamente maior do que outras. Segundo ele, modelos climáticos sugerem que o uso dessas variedades com albedo maior poderia compensar os efeitos da elevação de 1 grau Celsius da temperatura, com efeitos potenciais mais significativos no hemisfério Norte. “Há muita pesquisa a se fazer nesse campo, mas esses esquemas soam mais realistas do que os que envolvem investimentos gigantescos”, disse Valdes. ■



Casa ecológica do Reino Unido: emissão zero de carbono até 2016