

## ENERGIA

### A eletricidade do Sol

(<https://revistapesquisa.fapesp.br/a-eletricidade-do-sol/>)

Brasil começa a usar painéis solares de forma mais abrangente



Em Tauá, no Ceará, a primeira usina solar brasileira de grande porte

Ismar Ingberg / mpx

A energia solar ainda tem uma participação menor que 0,01% na matriz energética brasileira, mas as expectativas são de forte crescimento nos próximos anos. O setor está se estruturando no país e os preços dos equipamentos em nível global começam a cair na esteira do aumento da produção mundial. Entre 2009 e 2010, a industrialização de sistemas de energia solar ou fotovoltaicos cresceu 118%, atingindo um total produzido de 27,2 gigawatts (GW) de potência, segundo apurou a revista *Photon International*. Esse número representa a potência instalada de quase duas usinas de Itaipu. Mesmo com os níveis recentes de crescimento, que ultrapassa os 40% a cada ano desde 2004, a presença desse tipo de fonte energética não chega a 1% em todo o planeta. A expansão mundial, puxada em quase 50% pela produção da China no ano passado, traz muitas perguntas.

Um dos obstáculos para o Brasil e outros países aumentarem a participação nesse tipo de energia é o alto preço dos painéis solares e demais equipamentos. A falta de domínio da tecnologia e de fábricas também é apontada como responsável pela dificuldade em se avançar na energia solar no país. O que existe de promissor é uma nova tecnologia para montagem de placas fotovoltaicas desenvolvida por pesquisadores do Núcleo de Tecnologia em Energia Solar (NT-Solar) da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUC-RS), sob a coordenação do professor Adriano Moehlecke e da professora Izete Zanesco. A partir de um tratamento feito nas lâminas importadas de silício purificado, os pesquisadores conseguiram maior eficiência na conversão da radiação solar em eletricidade. “A tecnologia foi comprovada com a fabricação de mais de 12 mil células solares em uma planta piloto e a montagem de 200 módulos fotovoltaicos”, diz Moehlecke, coordenador do NT-Solar. Na minifábrica foram produzidas células com até 15,4% de eficiência energética, número que representa quanto de radiação solar é aproveitado pelo equipamento, enquanto a média mundial está em 14%. “Um dos diferenciais da nossa tecnologia é que usamos matéria-prima de baixo custo, o que reduz o preço final.” As células solares podem ser feitas de vários materiais, mas hoje 90% dos painéis produzidos no mundo são de silício.

Após a comprovação de que a tecnologia nacional é viável para uso em grande escala, os esforços estão concentrados no estabelecimento de uma indústria no Brasil. “Desde o final do ano passado, está sendo elaborado um plano de negócios com esse objetivo”, diz Moehlecke. O desenvolvimento da tecnologia e do plano de negócios teve apoio da Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), da Eletrosul e da Companhia Estadual de Distribuição de Energia Elétrica, empresa de economia mista do Rio Grande do Sul. “A expectativa é que nos próximos cinco meses tenhamos alguma definição, o que inclui um acordo com investidores para a construção dessa indústria.”

O horizonte para novos produtos inovadores nesse setor contempla também as células solares sensibilizadas com corantes inorgânicos ou orgânicos extraídos de frutas, flores e vegetais, como mostram pesquisas desenvolvidas na Universidade de São Paulo (USP) e na Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). O grupo da professora Neyde Murakami Iha, do Laboratório de Fotoquímica e Conversão de Energia da USP, dedica-se ao desenvolvimento de sistemas de armazenamento e conversão de energia solar que levam em sua composição extratos de açaí, jabuticaba e amora, frutos com pigmentos antioxidantes chamados antiocianinas. “Todo o conceito de montagem desses sistemas é diferente porque não se trata de um semicondutor que absorve luz como o silício, mas de um corante que evita a degradação dos semicondutores”, diz Neyde. A vantagem desse sistema é que o processamento é barato e não necessita de salas especiais de fabricação. Mas a eficiência dessas células ainda está em torno de 8%, bem abaixo dos atuais painéis, que atingem até 15%.

Essa linha de pesquisa ganhou impulso em 1988, quando o professor Michael Grätzel, da Escola Politécnica Federal de Lausanne, na Suíça, criou uma célula que, em vez de uma única camada de dióxido de titânio, era formada por pequenas partículas do óxido metálico com cerca de 20 nanômetros de diâmetro, cobertas por uma camada de pigmento, o que aumentou a absorção da luz solar. Desde então, vários grupos têm se dedicado a transformar a invenção em um produto, como o Bell Labs, dos Estados Unidos, além de instituições europeias e japonesas. A tecnologia desenvolvida na USP foi testada em células de demonstração, com financiamento de R\$ 400 mil da Petrobras.



Painéis solares no teto do aeroporto de Munique, na Alemanha

Werner Hennies/Corbis/Latinstock

Na Unicamp, o grupo de pesquisa coordenado pela professora Ana Flávia Nogueira, do Instituto de Química, também trabalha com células solares orgânicas ou plásticas em laboratório, utilizando polímeros e outros materiais condutores. Uma outra linha de pesquisa do grupo, já bastante avançada, são as células de óxido de titânio sensibilizadas com corantes inorgânicos. “Para dar impulso e continuar essa linha de pesquisa, ex-integrantes do grupo criaram a empresa Tezca, instalada no Polo de Alta Tecnologia de Campinas”, diz Ana Flávia. A proposta é produzir em alguns anos células solares flexíveis para aplicação em *laptops*, *smartphones*, além de sinalizadores rodoviários e urbanos. O laboratório desenvolve ainda um projeto em parceria com a empresa Rede Energia,

geradora e distribuidora de energia elétrica, para desenvolvimento de células solares de óxido de titânio sensibilizadas com corantes químicos para aplicação em janelas e fachadas de prédios, que conta com a colaboração do Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer, de Campinas. A empresa investiu cerca de R\$ 480 mil no projeto inicial.

### **Bateria isolada**

Um dos principais problemas do universo fotovoltaico é que ainda não foi encontrada uma maneira eficiente e barata de converter a energia fotovoltaica em energia química. “Seria o mesmo caminho da fotossíntese ao transformar os raios solares em biomassa, que é a forma natural de armazenar energia química, para depois

resultar em etanol no caso da cana. Na energia solar fotovoltaica ainda não existe essa forma de armazenamento para uso posterior”, diz o físico da Unicamp Cylon Gonçalves da Silva, diretor-presidente da Ceitec, empresa de semicondutores ligada ao Ministério da Ciência e Tecnologia, e autor do livro *De Sol a Sol, a energia do século XXI* (editora Oficina de Textos), focado nas energias renováveis. É justamente pela falta de meios para armazenagem que a energia solar deve ser utilizada ao longo do dia de forma contínua. O uso de baterias para acúmulo de eletricidade só se justifica em áreas isoladas no campo, por exemplo, porque elas tornam o sistema muito mais caro.

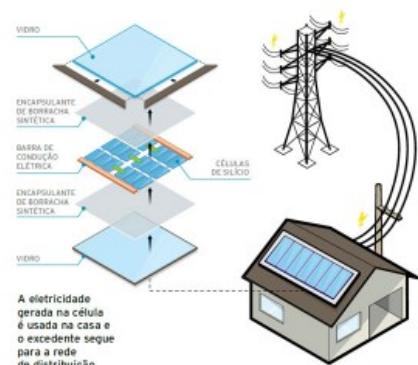
Menos carentes de inovações e já presentes em vários países, como Alemanha, Portugal e Espanha, as usinas ou fazendas solares estão chegando ao Brasil. São painéis instalados lado a lado, em áreas rurais ou no alto de edifícios, na cobertura de estacionamentos ou áreas livres em aeroportos que produzem energia para a rede de distribuição de eletricidade convencional. Duas empresas brasileiras, a MPX e a Eletrosul, tomaram a dianteira e vão colocar na rede a energia captada por milhares de painéis solares. A MPX, do grupo do empresário Eike Batista, anunciou a inauguração no dia 3 de junho de um empreendimento no município de Tauá, a cerca de 350 quilômetros de Fortaleza, no Ceará, com potência inicial de um megawatt (MW). A usina conta com 4.680 painéis fotovoltaicos da empresa japonesa Kyocera. A MPX já possui autorização da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) para expandir a capacidade da usina até cinco MW. A energia gerada será conectada ao Sistema Interligado Nacional e poderá abastecer até 1.500 residências da região. No total estão sendo investidos cerca de R\$ 10 milhões da empresa, além de US\$ 700 mil do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID).

Em Florianópolis, no telhado do edifício sede da Eletrosul e nas coberturas dos estacionamentos, em uma área total de 8 mil metros quadrados, serão instalados painéis fotovoltaicos para geração de um megawatt de energia, suficiente para abastecer o consumo de 570 residências da cidade. Uma agência de fomento do governo alemão, a GIZ, além de contribuir com a concepção do projeto, conseguiu do banco KfW financiamento de € 2,8 milhões, para viabilizar a implantação da usina, que tem apoio ainda da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). “Até junho deve sair o edital para a escolha da empresa que vai fornecer os equipamentos e fazer a instalação”, diz Jorge Alves, gerente do Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento da Eletrosul. A empresa quer ainda firmar parcerias para obtenção de rotas eficientes de purificação e laminação de silício. Para isso pretende investir cerca de R\$ 20 milhões. “Queremos mobilizar pesquisadores e capacitar laboratórios para chegar a rotas eficientes e de baixo custo para obtenção de silício purificado que possa ser reproduzido em escala industrial”, diz Alves.

([http://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2011/06/Eletricidade\\_grande.jpg](http://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2011/06/Eletricidade_grande.jpg))

A agenda brasileira da energia solar também prevê a possibilidade de instalação de painéis fotovoltaicos na cobertura de estádios que estão sendo preparados para a Copa de 2014. Empresas como a Cemig, em Minas Gerais, com o Mineirão, e a Light, no Rio de Janeiro, com o Maracanã, estudam a adoção de painéis na cobertura desses estádios, como acontece na Alemanha e na Suíça. O professor Ricardo Rüther, da UFSC, especialista em energia fotovoltaica, propõe ainda a adoção de painéis solares em aeroportos. “Os aeroportos são grandes áreas horizontais, livres de sombreamento e que serviriam de vitrine para outros usos, funcionando como um objeto de *marketing* para a energia solar no país, como ocorre em vários aeroportos da Alemanha, nas cidades de Munique e Colônia”, diz Rüther, que tem um projeto de pesquisa de painéis solares destinados a aeroportos financiados pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Em 66

No interior dos painéis fotovoltaicos



daniel das neves

aeroportos brasileiros, com painéis solares instalados, seria possível ter uma potência total de 300 MW, suficiente para suprir todo o consumo de energia elétrica. Grande parte da eletricidade nesses ambientes é gasta ao longo do dia com sistemas de ar-condicionado.

Num país tão bem contemplado pela luz solar, a tecnologia fotovoltaica começa a ganhar interesse porque o aprendizado com o uso cresceu, os custos são decrescentes e a conjuntura mundial mudou. Esses são alguns resultados extraídos do *workshop* Inovação para o Estabelecimento do Setor de Energia Solar Fotovoltaica no Brasil, realizado pelo Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético (Nipe) da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), realizado em março deste ano. Para o professor Gilberto Jannuzzi, coordenador do Nipe, a energia solar cresce no mundo porque a China, que não fabricava painéis fotovoltaicos até poucos anos atrás, agora é um grande produtor mundial e países como Alemanha, Portugal, Espanha, que investiam muito na energia solar, abandonaram ou modificaram, com a crise de 2008, os subsídios dedicados a esse setor. “Esse cenário faz o Brasil entrar definitivamente na rota dos fabricantes de equipamentos”, diz Jannuzzi. Outro fator, segundo ele, é que o preço da eletricidade está subindo e os custos da energia fotovoltaica caindo. “Isso pode levar a uma paridade tarifária daqui a cinco ou 10 anos.” Segundo dados do professor Roberto Zilles, do Instituto de Eletrônica e Eletrotécnica (IEE) da USP, a tarifa da energia fotovoltaica é uma vez e meia a da eletricidade cobrada pela Eletropaulo, em São Paulo, e quase a mesma em Belo Horizonte. Esse cálculo é feito levando-se em conta o tempo de vida de 25 anos de um painel, mais os gastos com manutenção e a taxa de incidência solar do local (que muda de acordo com o mês e a região do país). O resultado é um valor a ser comparado com a energia cobrada pelas empresas distribuidoras.

No Brasil, o quilowatt (kW) instalado sai por cerca de R\$ 8,5 mil. Para um consumo médio de uma casa com quatro pessoas são necessários 2,5 kW, elevando o valor para mais de R\$ 20 mil. O aumento da escala de produção, de novos materiais e a necessidade de geração de maiores níveis de eletricidade sem utilizar os combustíveis fósseis abrem um largo caminho para a energia solar. Segundo um informe do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) das Nações Unidas, divulgado em maio, 80% da energia produzida no mundo em 2050 terá que ser renovável para o cumprimento das metas de diminuição da emissão de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) – e a energia solar aparece como uma das mais propícias para esse fim.

### **Ambiente natural**

O pesquisador Enio Bueno Pereira, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), coordenador do *Atlas brasileiro de energia solar*, fez simulações que demonstram como o seu uso contribui para mitigar o efeito estufa. Em uma delas ele tomou como base o quilômetro quadrado da Região Nordeste, onde o nível de radiação solar é muito grande, com poucos dias nublados. “Usando painéis fotovoltaicos com eficiência de apenas 10%, deixaríamos de emitir 98.500 toneladas de CO<sub>2</sub> por ano em comparação com o uso do gás natural”, diz Pereira. Na comparação com o carvão, seriam 216 mil toneladas a menos na atmosfera.

Mesmo com vantagens ambientais e preço de equipamentos caindo, a energia fotovoltaica no Brasil para ficar mais atraente ao consumidor ainda precisa de uma regulamentação que torne viável a geração compartilhada, quando uma residência ou estabelecimento industrial ou comercial gerar para consumo próprio a sua eletricidade via painéis solares e vender para a rede o excedente produzido. Assim, o dono do equipamento poderia gerar essa energia quando não está em casa, por exemplo, e receber por isso. Em países como Espanha, Portugal, Alemanha e Estados Unidos essa possibilidade já existe. No Brasil, uma regulamentação mais abrangente que permita a conexão de pequenos produtores na rede de distribuição de eletricidade está sendo gestada pela Aneel.





Casa eficiente em Florianópolis: experimento na UFSC

Ricardo Rütter / UFSC

Com o reembolso da energia solar será mais fácil, segundo o professor Rütter, o dono de uma residência ou estabelecimento comercial colocar a mão no bolso para comprar e instalar um equipamento no telhado da casa ou da empresa. É preciso que ele tenha segurança do recebimento pelo excedente. No mundo, 95% dos sistemas fotovoltaicos estão conectados à rede elétrica de uma cidade ou região. Em um estudo gerado pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), ligado ao Ministério da Ciência e Tecnologia, e apresentado em 2010, chamado de “Energia solar fotovoltaica no Brasil: subsídios para tomada de decisão”, foram apontadas propostas para que a energia solar ganhe novos adeptos

no país. Ao ouvir centenas de colaboradores, entre pesquisadores, executivos de instituições e de empresas, os autores, Moehlecke, da PUC-RS, Paulo Roberto Mei, da Unicamp, Rütter, da UFSC, e Zilles, da USP, indicaram também a elaboração e financiamento de programas de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) que possibilitem ganhos de competitividade para a indústria brasileira, além de incentivar a geração fotovoltaica distribuída conectada à rede elétrica.

Mesmo tendo as maiores reservas de quartzo de boa qualidade, essencial para a obtenção do silício ultrapuro, o Brasil por enquanto só produz em escala industrial o silício metalúrgico, com 98% a 99% de pureza e utilizado para fabricação de aços, ligas de alumínio e silicones. “O Brasil tem que entrar na fabricação do silício purificado”, diz Mei. A principal razão para isso é o seu altíssimo valor agregado. Enquanto o silício metalúrgico é vendido entre US\$ 1 e US\$ 2 o quilo, o purificado atinge mais de US\$ 60 o quilo na forma cristalina, chegando a US\$ 250 o quilo na forma de lâminas usadas na fabricação dos painéis.

Na década de 1980, a empresa Heliodinâmica, de Vargem Grande Paulista, no interior paulista, fabricava células solares para exportação. Em 1986 respondia por quase 6% da produção mundial. Não aguentou a concorrência internacional, com preços mais competitivos, e fechou as portas. Em julho do ano passado, uma equipe coordenada pelo físico Bruno Topel, fundador e sócio majoritário da Heliodinâmica, estabeleceu uma parceria com a empresa Tecnometal Solar, de Campinas, um dos braços do grupo mineiro Tecnometal, presente em vários segmentos da indústria de equipamentos, para desenvolvimento e implantação de um projeto fotovoltaico brasileiro. Na primeira etapa serão produzidas placas com células de silício importadas. “Iniciamos um projeto que levará à verticalização completa da empresa no prazo de um ano”, diz Topel.

Possíveis boas notícias para o futuro da energia solar no país aparecem também no Núcleo de Tecnologia Solar da PUC-RS. Lá, 20 pesquisadores dedicam-se ao desenvolvimento de oito projetos de pesquisa e desenvolvimento. Um desses projetos tem a DuPont como parceira. “Fechamos um acordo internacional com a empresa para desenvolvimento de produtos para a área fotovoltaica”, diz Moehlecke. A Du Pont anunciou em janeiro deste ano que fará investimentos no Brasil para um projeto piloto de pesquisa e desenvolvimento para produção de filmes finos e outros materiais que compõem os painéis solares.

A expansão global da energia solar chega não somente aos telhados, áreas descampadas ou desérticas, mas também em locais alagados como lagos e represas. Um exemplo desse avanço sobre as águas ocorre no estado da Califórnia, nos Estados Unidos, como mostrou o jornal *The New York Times* de 19 de abril. Painéis solares flutuantes e ancorados estão instalados em dois lagos nas cidades de Napa e Sonoma. Cercados por vinhedos, esses lagos com menos de dois hectares cada um possuem 144 painéis em Sonoma e 994 em Napa. A SPG Solar, da Califórnia, empresa que instalou as duas “fazendas” solares aquáticas, e, segundo o jornal, a australiana Sunengy e a israelense Solaris Synergy estão apostando num mercado mundial de painéis solares sobre reservatórios de

água, lagos de hidrelétricas e de mineração. A novidade já chamou a atenção de possíveis clientes na Índia, Austrália e no Oriente Médio. No Brasil ainda não há projeto para lagos, mas o professor Rüther, da UFSC, já fez estudos sobre o aproveitamento da represa de Itaipu. “Seria possível gerar cerca de 183 terawatts- hora por ano (TWh), o que representa 40% da energia consumida no Brasil, se o lago de 1.350 quilômetros quadrados fosse coberto com painéis solares”, diz Rüther. “Em Itaipu, por exemplo, se o lago fosse coberto, haveria a possibilidade de economizar a energia da hidrelétrica de dia, ou seria possível substituir com a energia excedente uma parte da operação das usinas termelétricas que funcionam com gás natural.”

### ***Radiação quente***

A energia que vem do Sol é uma radiação eletromagnética. É formada por reações termonucleares que acontecem no interior dessa estrela e se propagam para a superfície e daí para o espaço. As temperaturas chegam a 6 mil graus Kelvin na superfície do Sol. “Os modelos de evolução solar nos mostram que o Sol continuará produzindo essa radiação por pelo menos centenas de milhões de anos ou mais”, diz o professor Pierre Kaufmann,

do Centro de Radioastronomia e Astrofísica da Universidade Presbiteriana Mackenzie. Distante 150 milhões de quilômetros da Terra, a radiação percorre todo esse caminho até encontrar a atmosfera terrestre. “Na atmosfera a radiação é atenuada e por isso a energia solar é mais eficiente em áreas desérticas, onde predomina um tempo sem nuvens e seco”, diz Kaufmann.

Ele afirma também que as oscilações naturais da atividade solar presentes em períodos de 11 a 14 anos não têm influência relevante na energia solar. “As variações na radiação que chega à Terra são menores que 0,1%.” Apenas no território brasileiro a radiação solar é responsável por um potencial teórico de 115 milhões de terawatt/hora de capacidade de geração de eletricidade por ano. “São cálculos preliminares, mas mostram o potencial astronômico, milhares de vezes superior à demanda energética nacional”, diz o pesquisador Enio Bueno Pereira, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe). Isso já descontando as áreas de preservação, habitadas, alagadas e que tenham topografia montanhosa.



Células orgânicas devem substituir o silício no futuro

Eduardo Cesar