

[r]evolução energética

A CAMINHO DO DESENVOLVIMENTO LIMPO



prefácio

O BRASIL E A QUESTÃO ENERGÉTICA

Existe uma reviravolta no balanço de poder mundial com a escalada do poderio econômico de países como Brasil e China. Esse quadro que se insinua há mais de uma década ganha contornos mais nítidos com a crise econômica que assola a Europa e os Estados Unidos desde 2008, e que se manifesta de forma mais intensa no continente europeu a partir da quebra da economia grega em 2010.

O banco Goldman Sachs revisou suas projeções sobre o Produto Interno Bruto (PIB) no mundo, feitas em 2003. O resultado indica que a China alcançará os Estados Unidos em 2027 – ela superou o Japão como a segunda maior economia do mundo já a partir de 2011. O PIB do Brasil poderá superar o da Itália no final deste ano, alcançando o da Alemanha em 2029. Em 2034, superará o do Japão.

Em 2010, a China responderá pela maior parte dos investimentos no Brasil, ultrapassando europeus e americanos que se revezavam na disputa pelo primeiro lugar. Tais investimentos se concentram principalmente em mineração, energia e agricultura. A China, além de adquirir terras para plantar no Brasil o que depois será exportado para o consumo naquele país, está comprando ações de empresas como a Petrobras, capitalizando a estatal e viabilizando o seu esforço para explorar o pré-sal. Como não existe almoço grátis, a China vai querer sua fatia na exploração desse filão.

A China investe ainda em todo o continente africano. Em 2009, o comércio sino-africano somou US\$ 120 bilhões, contra US\$ 15 bilhões em 2002. Hoje, somente em Angola, existem mais de 100 mil operários chineses, com a previsão de que, em dez anos, eles deverão chegar a 2 milhões, 10% da população daquele país. Aos chineses interessa principalmente a exploração do petróleo angolano, cujas reservas estão estimadas em 14 bilhões de barris.

Embora em menor grau, a economia do Brasil também se internacionalizou, fato decorrente de o país ocupar o primeiro lugar na produção de vários insumos agrícolas. Isso fez com que empresas brasileiras, apoiadas por generosos empréstimos governamentais, dominassem, por exemplo, o comércio americano de carne. É o caso do frigorífico JBS, empresa brasileira que figura hoje como a maior processadora de proteína animal do mundo.

O Brasil também intensifica a sua presença na África, marcada pelos investimentos da Petrobras, de empresas de mineração e grandes construtoras especializadas em obras de infraestrutura. O país deseja que o continente africano participe do nosso esforço de transformar o etanol em uma alternativa de combustível válida em todo o mundo. O governo brasileiro sabe que isso só ocorrerá se o plantio de cana-de-açúcar estiver distribuído pelo maior número possível de países, transformando esse produto em uma commodity.

O Brasil deverá cortar pela metade o número de pessoas pobres até

2014, que cairá de 29,9 para 14,5 milhões, o equivalente a 8% da sua população. Menos pobreza significa mais consumo, estabelecendo um vigoroso mercado interno. Enquanto isso, a China já projeta para os próximos anos o impacto da migração para as cidades de parte de seus 730 milhões de camponeses.

O Brasil se consolidará ainda como o celeiro do mundo, expandindo em 40% a sua produção agrícola nos próximos dez anos, o dobro da média mundial, segundo os estudos da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) e da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) divulgados em 2010. O país, por exemplo, controlará 44% do comércio mundial de carne, de acordo com previsão do Ministério da Agricultura, e metade do de açúcar. O crescimento da produção da China será de 26% e o da Índia, de 21%. Em junho de 2010, por exemplo, o frigorífico Marfrig, o segundo maior do Brasil, anunciou a compra por US\$ 1,26 bilhão da empresa americana Keystone, que fornece carne para multinacionais como McDonald's, Campbell's e Subway, entre outros.

Para tornar realidade essas profecias econômicas, o Brasil, como todas as nações que já alcançaram altos índices de desenvolvimento, precisará de energia. Desde a segunda metade do século 19, ela desempenha papel fundamental na engrenagem da sociedade industrial moderna, movimentando inúmeros sistemas e equipamentos que, só no caso dos motores elétricos, consomem aproximadamente dois terços de toda a eletricidade produzida no mundo.

Para que o país alcance sua autonomia energética e cumpra as projeções é preciso levar em conta o extraordinário quadro de desafios em que se insere o debate sobre o assunto nos dias de hoje. Ao lado das questões que já integravam o cenário tradicional de análise, como a guerra constante pelo controle dos estoques de petróleo e gás, o problema do aquecimento global e das mudanças climáticas lançaram a maldição definitiva sobre o uso dos combustíveis fósseis na matriz energética, que precisam ser reduzidos progressivamente e posteriormente descartados, devido ao alto índice de emissões de gases de efeito estufa provenientes da sua utilização.

Para responder a pergunta definitiva se estamos preparados para alcançarmos nossa autonomia energética, de maneira ambientalmente correta e de forma economicamente viável, é preciso saber como garantir o aumento da demanda energética para um país em fase de crescimento econômico.

O que fazer com a limitação da utilização do potencial hidrelétrico na Amazônia em razão dos seus impactos socioambientais? O que fazer com a exploração do pré-sal por conta do aumento das emissões brasileiras dos gases de efeito estufa, bem como dos seus altos custos financeiros? Como estipular uma taxa de crescimento econômico para

o país nos próximos anos que oriente a previsão do aumento da nossa demanda energética, sem sermos videntes? (O escritor Luis Fernando Veríssimo diz que “os videntes mantêm sua reputação e são sempre consultados. É uma profissão à prova de desmentidos”)

Cabe perguntar se estamos preparados para enfrentar esses desafios e evitar que mais uma vez escolhamos os caminhos tortuosos que nos fazem chegar sempre atrasados ao futuro que outros países já alcançaram. Enquanto o mundo assiste a uma corrida tecnológica pela busca dos substitutos do petróleo, celebramos a descoberta do pré-sal como a redenção dos nossos pecados.

Ao invés de radicalizarmos a opção pelo roteiro original e inovador que começamos a escrever a partir da crise dos preços do petróleo na década de 1970, quando iniciamos o programa de substituição da gasolina pelo álcool, iremos investir US\$ 114 bilhões no pré-sal, praticamente o mesmo investimento feito ao longo de toda a existência da Petrobras, que alcançou a cifra de US\$ 124 bilhões.

Ainda que o governo consiga zerar o desmatamento, nossa maior fonte de emissões até 2020, é provável que a emissão de 1,4 bilhão de toneladas de CO₂ provenientes da exploração do pré-sal venha substituir a primeira. Assim, as emissões nacionais – de 2,192 bilhões de toneladas de CO₂ por ano, de acordo com o inventário do Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT) de 2005 – seriam praticamente dobradas. Esse acréscimo deixará o Brasil entre os três maiores emissores de CO₂ do mundo, atrás apenas de China e Estados Unidos.

Não podemos esquecer que os custos da exploração do pré-sal serão profundamente afetados pelas novas medidas de segurança que passarão a ser exigidas em decorrência do acidente com a plataforma da British Petroleum no Golfo do México, nos Estados Unidos. O maior desastre ambiental da história americana levou o presidente Barack Obama a renovar a moratória da exploração petrolífera em águas profundas. Até esse acidente era possível dizer que não dava para falar de petróleo sem falar da poluição. Agora será preciso dizer que não dá para falar de poluição sem falar de petróleo.

escolhas

Enquanto isso, por falta de uma política que incentive o uso de energias renováveis e limpas, estão abandonados em nossos canaviais um potencial de geração de 28 mil megawatts, o equivalente a duas Itaipu, segundo a União da Indústria de Cana-de-Açúcar (Unica). O país que poderia ser conhecido como a civilização da biomassa desperdiça a oportunidade de liderar a revolução tecnológica, com seu emprego em escala mundial como substituto dos combustíveis fósseis. O potencial eólico e solar, por sua vez, nem começou a ser explorado de maneira apropriada.

É sobre essas encruzilhadas políticas e tecnológicas que trata essa publicação, apresentando um cenário para o uso das energias limpas e renováveis no Brasil até o ano de 2050. Pensar o futuro num país que perdeu por completo a capacidade de planejar em longo prazo não é tarefa fácil. Ainda mais quando esse planejamento implica em abrir para a sociedade o debate sobre as opções de desenvolvimento que estão disponíveis, permitindo que as escolhas se façam de forma democrática, livre e pluralista.

Para tanto é preciso dizer para a sociedade o custo ambiental e econômico de cada opção, as implicações geopolíticas de cada decisão que tomamos ao privilegiarmos o uso de uma determinada fonte de energia, como a nuclear, por exemplo, em detrimento das renováveis.

Assim, ao falarmos de energia, estamos falando de desenvolvimento, do futuro que queremos construir para o país, para os nossos filhos e netos. Estamos falando se vamos alcançar o desenvolvimento revolucionando o modo como produzimos, com a incorporação de novas tecnologias, ou se vamos continuar utilizando as velhas tecnologias para eternizar nossa dependência da exploração dos recursos naturais fartos de que dispomos.

Há quem invista em tecnologia, agregadora de valor, que permite lucros maiores e dispensa o uso de capital extensivo. Há quem continue querendo gastar toda a natureza do país para produzir aqui o que os outros pagam para fazer em seu lugar, numa relação de troca completamente desigual. O Brasil precisa escolher, e esperamos que escolha o primeiro caminho.

Essa é a contribuição do Greenpeace para o debate do futuro do país. Corremos riscos, é verdade, ao apontar mudanças e desafinar o coro dos contentes. Mas, como diria o escritor Balzac, “não há nada mais infalível do que um profeta mudo”. Não há nada mais infalível do que a pessoa que não escreve suas profecias.

Sergio Leitão
DIRETOR DE CAMPANHAS
GREENPEACE



sumário executivo

O FUTURO EXIGE UMA REVOLUÇÃO ENERGÉTICA, COM UMA MUDANÇA NO MODO COMO ENERGIA É GERADA, DISTRIBUÍDA E CONSUMIDA.

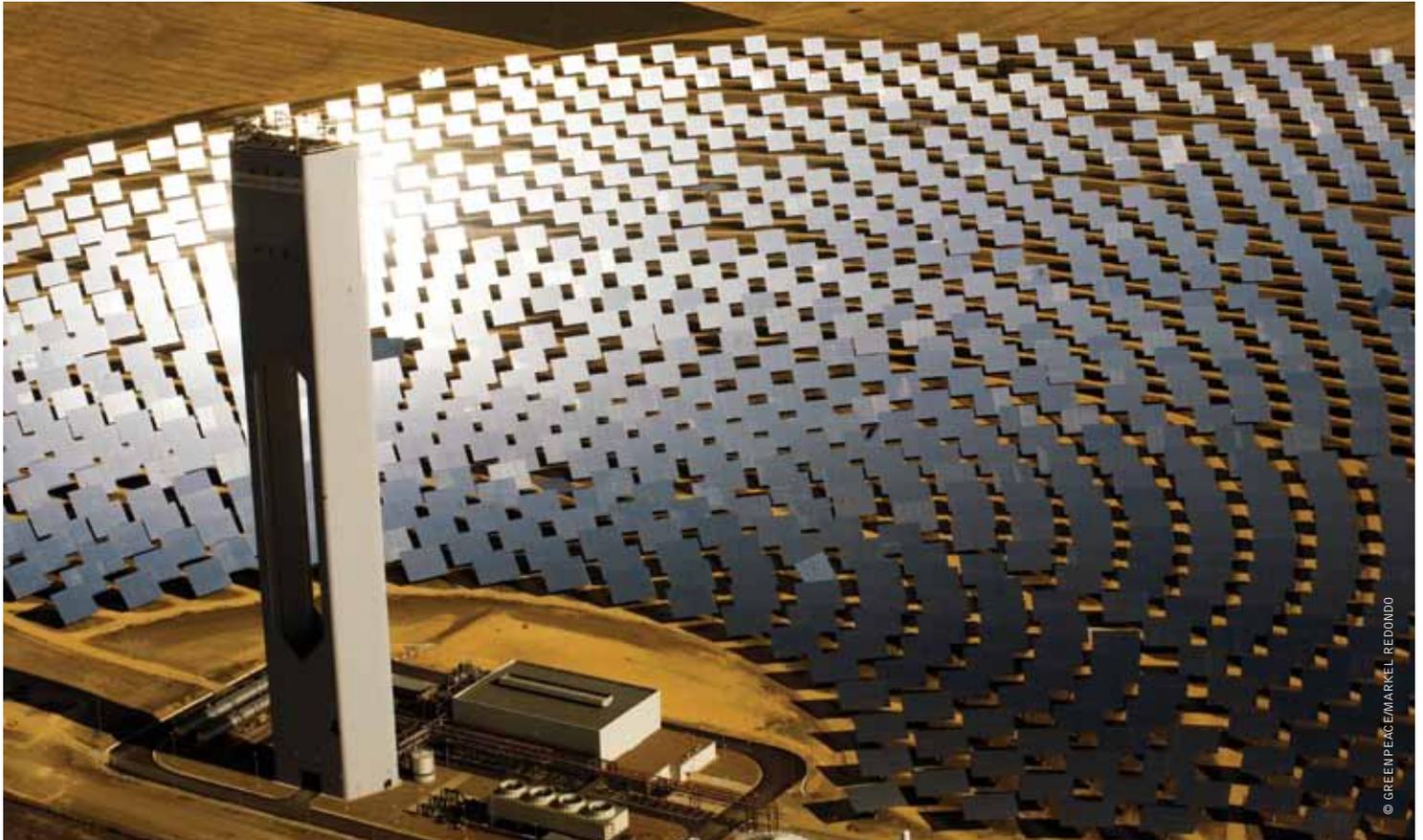


imagem FOTO AÉREA DA USINA SOLAR PS10, NA ESPANHA, QUE TEM CAPACIDADE DE PRODUÇÃO SUFICIENTE PARA ALIMENTAR UMA CIDADE DE 10 MIL HABITANTES.

O sonho do crescimento limpo, calçado em fontes renováveis de energia, é possível. A matriz elétrica nacional pode se tornar 93% renovável até 2050 – hoje esse índice está em 88% – acomodando as perspectivas mais otimistas de crescimento do país, com uma taxa de consumo e de geração de energia elétrica três vezes maior. Além disso, essa matriz ajudaria a consolidar o compromisso brasileiro de cortar, até 2020, de 36% a 39% no volume de emissões de gases de efeito estufa, com o benefício adicional de promover a economia de bilhões de reais.

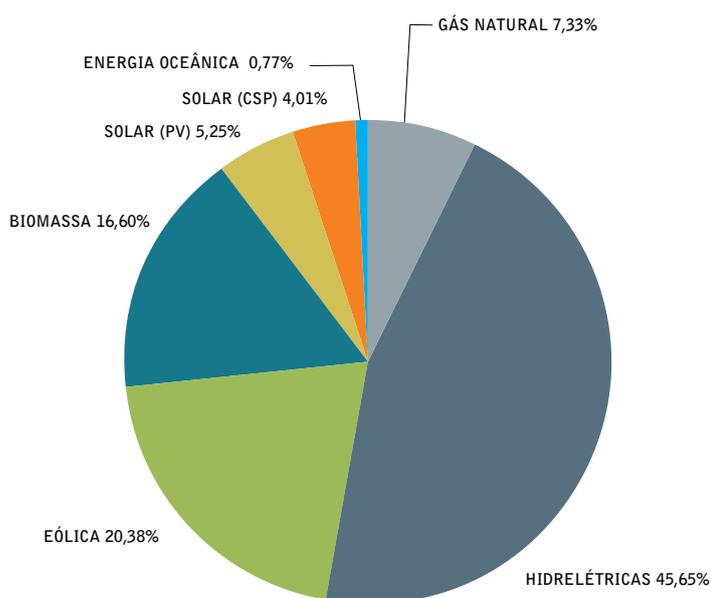
O desafio de reduzir níveis de emissão, permitir o crescimento econômico e atender a cerca de 1 milhão de pessoas sem energia no país passa necessariamente pelo caminho da utilização de fontes limpas e sustentáveis de energia, como eólica, biomassa, solar fotovoltaica, solar térmica, oceânica, geotérmica e hidrelétrica. O futuro do Brasil e do planeta depende do redirecionamento dos subsídios hoje destinados a fontes convencionais e combustíveis fósseis poluentes – que se esgotarão no futuro – para fontes renováveis. O futuro exige uma revolução energética.

No centro dessa revolução, está uma mudança no modo como a energia é gerada, distribuída e consumida.

A aplicação de soluções em prol de um futuro mais limpo passa por sistemas descentralizados, eliminação gradativa das fontes de energia não-sustentáveis e promoção da equidade na utilização dos recursos naturais e energéticos, desvinculando crescimento econômico do aumento do consumo de combustíveis fósseis.

Nos próximos 40 anos, é viável economicamente eliminar do país as termelétricas a óleo diesel, a carvão e nucleares e diminuir a participação das movidas a gás natural. Em 2050, 92,7% da eletricidade produzida no Brasil pode ter origem em fontes renováveis. Em um cenário otimista, a geração hidrelétrica corresponde a 45,65% da matriz brasileira, seguida pela energia eólica, com participação de 20,38%, biomassa, com 16,6%, e energia solar, com 9,26%. O gás natural, único combustível fóssil considerado num estado de transição, entra com 7,33% de participação (gráfico 1).

gráfico 1: geração total de eletricidade - cenário revolução energética 2050 (em %)



Uma matriz elétrica renovável é capaz ainda de evitar custos decorrentes da ampliação do uso de combustíveis fósseis, além de trazer benefícios sociais e econômicos, como a criação de milhões de empregos verdes e o estímulo ao desenvolvimento de novas tecnologias, e a possibilidade de atender a quem não tem acesso à eletricidade, com sistemas descentralizados. A transformação energética é positiva para o ambiente e para a sociedade.

realidade

A ameaça das mudanças climáticas, provocadas pelo aumento da temperatura global, é o maior desafio ambiental que a humanidade enfrenta nesses tempos, pois coloca em risco a estabilidade social e econômica mundial, com profundas alterações na disponibilidade de recursos naturais e, especialmente, na forma como a energia é produzida.

O Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) indica como 2°C, em relação ao registrado em 1750, o limite relativamente seguro de aquecimento médio da Terra. Já as metas nacionais submetidas por 76 países à Convenção-Quadro de Mudanças Climáticas das Nações Unidas em 2010, por meio do Acordo de Copenhague¹, resultariam em emissões globais entre 47,9 e 53,6 bilhões de toneladas de CO₂ até 2020, o que representa de 10% a 20% a mais em relação aos níveis atuais. Mesmo se essas emissões se reduzirem à metade até 2050, a chance de o aumento da temperatura ser superior ao indicado pelo IPCC é grande.

Ainda é possível inverter essa tendência de crescimento, mas a janela de oportunidade está se fechando. Para evitar o aumento da temperatura além desse limite é preciso conter emissões de gases-estufa rapidamente, para atingirem um pico até 2015 e, a partir daí, alterarem sua trajetória, para atingirem um patamar mínimo até a metade deste século.

A questão da segurança energética é prioritária para as agendas políticas brasileira e internacional. Combustíveis fósseis não são uma opção segura. Oferecem riscos financeiros, com a constante oscilação do preço do petróleo; ambientais, pelos impactos de extração e utilização; e técnico-econômicos, considerando o esgotamento das reservas de combustíveis fósseis e a consequente elevação dos custos de produção. O mesmo se aplica às usinas nucleares, que dependem de urânio, um recurso finito, para gerar energia.

Os estoques de energias renováveis, por sua vez, são tecnicamente de fácil acesso e abundantes o suficiente para fornecer cerca de seis vezes mais energia do que a quantidade consumida mundialmente hoje – e de forma inesgotável (tabela 1). Elas variam em termos de desenvolvimento técnico e competitividade econômica, mas há uma gama de opções cada vez mais atrativas que, se exploradas dentro de critérios sustentáveis e salvaguardas socioambientais, geram energia com baixíssimo impacto ambiental e pouca, ou nenhuma, produção de gás de efeito estufa. Algumas dessas tecnologias já são competitivas e podem se tornar ainda mais com investimentos em pesquisa e desenvolvimento e ganhos de produção em escala.

tabela 1: potencial das fontes de energia renováveis

No Brasil, o total de energia que poderia ser aproveitada com tecnologias atuais é de 26,4 vezes a demanda nacional.

Sol	20 vezes
Vento	3 vezes
Energia hídrica	3 vezes
Biomassa	0,2 vez
Energia oceânica	0,15 vez

fontes MME, EPE, OUTROS

Uma prova dessa atratividade é a indústria eólica, que mantém um crescimento expressivo apesar da crise financeira global de 2008 e 2009. Em 2009, o Programa das Nações Unidas para o Ambiente registrou um investimento total de US\$ 162 bilhões em energias renováveis no mundo², um valor apenas 6,5% inferior ao movimentado em 2008. O mercado de energia eólica desafiou a recessão econômica e cresceu 41,5% em 2008 e 31,7% em 2009.

O mesmo aconteceu com o mercado de painéis fotovoltaicos. Em paralelo às fontes renováveis, há no Brasil um enorme potencial para a redução do consumo sem implicar em redução da oferta de energia. Uma série de medidas de eficiência energética podem juntas diminuir substancialmente a demanda por energia nas indústrias, nas residências e nos estabelecimentos comerciais.

a revolução energética

Os princípios-chave são:

- Respeitar os limites naturais do ambiente;
- Eliminar gradualmente fontes de energia poluentes e não renováveis;
- Colocar em prática soluções renováveis, especialmente por meio de sistemas de energia descentralizados;
- Promover a equidade na utilização dos recursos;
- Desvincular crescimento econômico do consumo de combustíveis fósseis.

Sistemas descentralizados de energia, nos quais a energia é produzida perto de onde é consumida, evitam o desperdício nas etapas de transmissão e distribuição e garantem o fornecimento para quem ainda não têm acesso à energia – que, no Brasil, somam cerca de 1 milhão de pessoas.

Este relatório trabalha com dois cenários para o ano de 2050:

- O **cenário de referência** tem como base uma projeção tendencial, a partir de dados do Plano Decenal de Expansão Energética 2010-2019, publicado pela Empresa de Pesquisas Energéticas (EPE), e dados da Agência Internacional de Energia (AIE), extraídos do relatório "Perspectivas Energéticas Mundiais 2009" (WEO 2009).
- O **cenário Revolução Energética** considera tendências de expansão dos mercados nacional e internacional de renováveis e a aplicação de diferentes medidas de eficiência energética. Ele tem como meta a redução entre 50% e 80% das emissões mundiais de CO₂ até 2050, em relação aos níveis de 1990, a fim de manter o aumento da temperatura global abaixo de 2°C. Um segundo objetivo é mostrar que essa meta pode ser alcançada com a eliminação da energia nuclear e a restrição da utilização de combustíveis fósseis na matriz. Para alcançar esses objetivos, o cenário prevê esforços significativos de exploração do vasto potencial de medidas de eficiência energética, das possibilidades rentáveis de energia renovável para a geração de calor e de eletricidade e da produção de biocombustíveis.

Em ambos os cenários, seguindo as tendências atuais, a elasticidade energética passaria de 1, nesta década, para 0,8 na de 2040, sinalizando o amadurecimento e o crescimento da eficiência no consumo energético nacional. O consumo final de eletricidade no cenário de referência aumentaria em três vezes e meia em 40 anos

(1.582 TWh em 2050). No cenário Revolução Energética, o aumento do consumo seria restrito a quase três vezes os valores atuais.

Foi usada uma mesma projeção para crescimento da população e do Produto Interno Bruto (PIB) em ambos os cenários e, portanto, utilizam a mesma projeção de geração de eletricidade para 2050. Os dados populacionais seguiram as projeções da Organização das Nações Unidas (ONU); os de crescimento do PIB, os dados da Mauá Investimentos, que apontam uma taxa de crescimento de 4% ao ano nesta década, de 3,8% na década seguinte, de 3,5% entre 2030 e 2040 e de 2,5% entre 2040 e 2050.

Ambos os cenários contaram com a avaliação de crescimento econômico e energético da Mauá Investimentos, bem como com a assessoria de especialistas do setor energético brasileiro para a validação das tendências. Os cenários foram produzidos com base em modelagens realizadas pelo Instituto Aeroespacial Alemão (DLR, na sigla em alemão), sob a supervisão técnica do Greenpeace.



imagem PAINÉIS INSTALADOS NO ESCRITÓRIO DO GREENPEACE EM SÃO PAULO.

referências e notas

1. O acordo de Copenhague não foi referendado por todos os países-membros da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas.
2. PNUMA - Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, "Tendências Globais de Investimentos em Energias Renováveis", 2010.

proteção do clima

OS PAÍSES EM DESENVOLVIMENTO, INCLUSIVE O BRASIL, PODEM E DEVEM SEGUIR UM MODELO ENERGÉTICO LIMPO.



imagem CIENTISTAS EM CAIAQUES ESTUDAM O DERRETIMENTO DA GELEIRA PETERMANN, NO ÁRTICO, ACELERADO POR CAUSA DO AQUECIMENTO GLOBAL.

O efeito estufa é o processo pelo qual a atmosfera retém parte da energia irradiada pelo Sol e a transforma em calor, aquecendo a Terra e impedindo uma oscilação muito grande das temperaturas no planeta. O aumento dos gases de efeito estufa provocado pela atividade humana está acentuando esse efeito, elevando a temperatura global e alterando o clima do planeta.

Entre os gases de efeito estufa produzidos pela ação do homem estão o dióxido de carbono (CO₂), produzido pelo uso diário de combustíveis fósseis como o petróleo, o carvão e o gás para geração de energia e transporte e pelo desmatamento; o metano (CH₄), liberado por práticas agrícolas, animais e aterros sanitários; e o óxido nítrico (NO₂), resultante da agricultura e do uso de uma série de substâncias químicas industriais.

De acordo com o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC), órgão das Nações Unidas, a temperatura mundial pode aumentar – em um cenário extremo – em até 6,4°C até o final deste século, o que se configuraria na alteração climática mais brusca já vivida pelo ser humano. Para evitar que isso ocorra, uma política global deve ter por objetivo manter esse aumento em menos de 2°C, ou mesmo 1,5°C, em relação à temperatura registrada antes da Revolução Industrial, no século 18.

Com um aquecimento acima de 2°C, a alteração do sistema climático e os prejuízos a ecossistemas e a populações humanas serão muito mais drásticos do que os já sentidos hoje: derretimento de geleiras polares, e a conseqüente elevação do nível do mar; derretimento do permafrost – solo congelado da região ártica – e a liberação de metano hoje estocado nessas áreas; alteração da composição química dos oceanos, com destruição de recifes de corais; eventos climáticos extremos, como tempestades, enchentes, ondas de calor e secas, mais frequentes e mais intensos.

É a primeira vez que a humanidade se encontra diante de uma crise ambiental de tamanha magnitude. A previsão é que as alterações no clima terão impacto no modo de vida de milhões de pessoas, especialmente nos países em desenvolvimento, e provocarão a extinção de espécies nas próximas décadas.

o pós-Protocolo de Kyoto

As nações signatárias da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (UNFCCC, na sigla em inglês), criada em 1992, reconheceram essas ameaças e assinaram o Protocolo de Kyoto, em 1997. Ele obriga seus signatários desenvolvidos a reduzirem emissões de gases-estufa em média em 5,2%, em relação aos níveis de 1990, no período de 2008 a 2012. Esse compromisso resultou na adoção de uma série de metas de redução regionais e nacionais. Apenas uma grande nação industrializada, os Estados Unidos, não ratificou o protocolo.



imagem O AUMENTO DO NÍVEL DO MAR AMEAÇA CIDADES COSTEIRAS DO BRASIL.

Apesar de ter entrado em vigor, a ciência demonstrou que os objetivos estabelecidos pelo protocolo estão aquém dos esforços necessários para se controlar o aquecimento global. O corte de emissões precisa ser muito mais profundo, a fim de manter o aquecimento em 2°C, e não mais do que isso.

No momento, os 193 membros da convenção negociam um novo acordo climático, mais ambicioso e justo, que se siga ao Protocolo de Kyoto. Ele deve envolver todos os países, desenvolvidos e em desenvolvimento, levando em conta o histórico de emissões de gases-estufa de cada um e as condições socioeconômicas que permitam uma redução no futuro. É necessário que, até 2020, os países industrializados reduzam suas emissões em pelo menos 40% em relação a 1990 e forneçam ajuda financeira aos países em desenvolvimento – que, em princípio, trabalhariam com redução da curva projetada de emissão – a se adaptarem às mudanças climáticas, protegerem suas florestas e promoverem uma revolução energética.

Os países desenvolvidos cresceram baseados no consumo de combustíveis fósseis, especialmente petróleo e carvão, cuja combustão fornece energia. Os países em desenvolvimento, especialmente China e Índia, seguem o mesmo modelo energético, fonte principal de gases-estufa no mundo.

Após a Conferência de Clima de 2009, quando os países-membros da convenção se reuniram em Copenhague, ficou claro que todos os governos precisam ser mais ambiciosos em seus planos de redução de emissões e investir mais para limpar suas matrizes energéticas com uma cartela diversificada de fontes renováveis.

A regra também vale para o Brasil, que projeta, entre empreendimentos em construção e projetos outorgados pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), cerca de 14 mil MW em fontes fósseis para os próximos anos, o caminho contrário que precisa ser seguido para que o aquecimento global seja controlado.

fontes e tecnologias de geração de energia

NÃO É UMA OPÇÃO DEIXAR DE INVESTIR EM RENOVÁVEIS E EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, TENDO AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS EM VISTA.

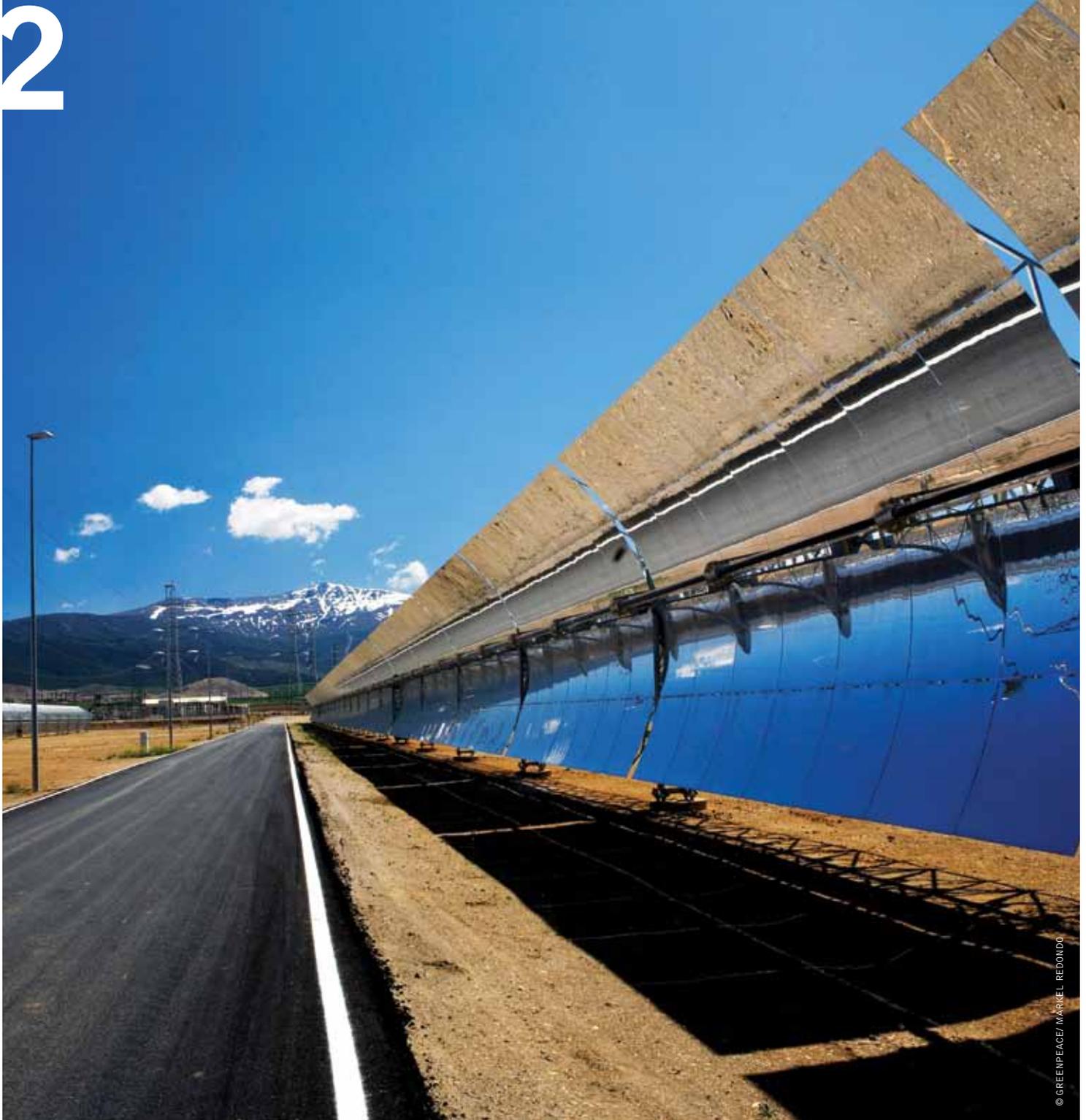


imagem USINA SOLAR ANDASOL 1, NA ESPANHA, ECONOMIZA A EMISSÃO DE 149 MIL TONELADAS DE DÍÓXIDO DE CARBONO (CO₂) A CADA ANO.

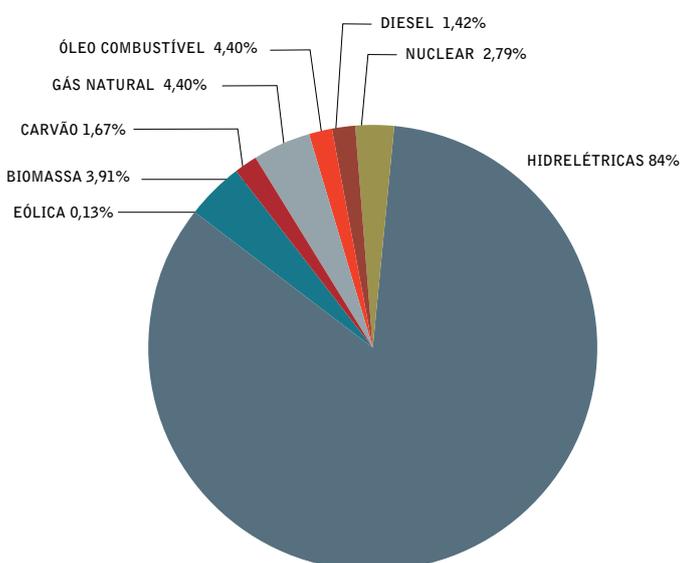
Na hipótese de que o Brasil mantenha o crescimento econômico atual espera-se que o consumo de energia quadruplique até 2050, de 428 TWh para 1.442 TWh.

Neste cenário, não é uma opção deixar de investir em energias renováveis, tendo em vista que as mudanças climáticas se agravam, a utilização do potencial hidrelétrico é limitado pelos impactos sociais e ambientais envolvidos e os combustíveis fósseis ficarão mais caros e caminham para o esgotamento. Tecnologias disponíveis hoje, e outras em passo de desenvolvimento, além de investimento em eficiência energética, são suficientes para satisfazer a demanda brasileira por energia.

combustíveis fósseis

A queima de combustíveis fósseis é a forma de geração de energia mais utilizada no mundo. Mais de 70% da oferta global de eletricidade é suprida por carvão, óleo combustível e gás natural. No Brasil, esse tipo de geração representava, em 2007, 10,47% do total, com forte tendência de expansão no futuro próximo, por conta da maior contratação dessas fontes nos leilões de energia dos últimos cinco anos. O diesel é utilizado em pequenos geradores em locais remotos e comunidades isoladas da rede elétrica, e em usinas termelétricas de grande porte.

gráfico 2: geração total de eletricidade - cenário referência 2007 (em %)



O recém-descoberto petróleo na camada do pré-sal brasileiro deve acentuar a tendência de crescimento da geração termelétrica na matriz. A exploração e a utilização desse óleo para diferentes fins vêm sendo amplamente discutidas e coordenadas com alto grau de prioridade pelo governo brasileiro nos últimos anos.

A recente mudança de paradigma mundial em decorrência da crise climática leva à necessidade de reduzir e posteriormente eliminar da matriz energética as fontes sujas, devido ao seu alto índice de emissões de gases do efeito estufa. Térmicas fósseis são as campeãs no ranking de emissão. Os valores mínimos são de 800g de CO₂/kWh para carvão, 700g de CO₂/kWh para óleo combustível e de 300g a 400g de CO₂/kWh para gás natural¹. Uma termelétrica média de 160 MW a óleo combustível, por exemplo, operando 10% do tempo, pode emitir em um ano mais de 80 mil toneladas de CO₂.

Além disso, a exploração e o transporte de combustíveis fósseis são processos que trazem inerentes riscos de acidentes, por melhores que sejam os avanços tecnológicos. São fontes potenciais de contaminação do ambiente e das pessoas.

O exemplo mais recente é o vazamento na plataforma de petróleo no Golfo do México. A complexidade de contenção e limpeza do óleo derramado resulta em prejuízos tanto para a sociedade quanto para a natureza, com efeitos negativos nas principais atividades econômicas locais: a pesca e o turismo. Os custos do vazamento já chegam a US\$ 11,6 bilhões² e devem exercer impactos sobre o investimento em explorações futuras, com a incorporação de uma série de medidas adicionais de segurança aos processos de logística. Há também prejuízos difíceis de serem previstos, pois parte do óleo derramado continuará a interagir com os ecossistemas nos anos a vir, com consequências ainda desconhecidas para fauna e flora.

Ao impacto ambiental, soma-se também o econômico. Como 60% do valor da eletricidade proveniente de fontes fósseis é composto pelo custo do combustível utilizado nas usinas³, sua operação depende da quantidade e da flutuação do preço do combustível no mercado. O resultado é uma fonte mais cara e com custo passível de variação.

A possibilidade de aplicar normas que obriguem a mitigação de emissão de gases-estufa demandará investimentos adicionais à construção de térmicas fósseis. É o que pretende a instrução normativa nº 07, publicada pelo Ibama em 15 de abril de 2009, que prevê, entre outros, o estabelecimento do Programa de Mitigações das Emissões de CO₂ para usinas térmicas movidas a óleo combustível ou carvão. A compensação, definida pelo empreendedor e pelo Ibama, seria realizada por meio de programa de recuperação florestal, investimentos em geração de energia renovável ou medidas de eficiência energética.

pré-sal

O pré-sal é uma camada de rochas localizada abaixo de uma camada de sal de até dois quilômetros de espessura, situada até cinco quilômetros abaixo da superfície do oceano. É também a denominação das reservas petrolíferas encontradas nessas rochas e que se estendem do litoral do Espírito Santo até o litoral de Santa Catarina. Estima-se que essas reservas contenham algo entre 50 e 80 bilhões de barris de petróleo, o suficiente para posicionar o Brasil entre os dez maiores produtores do mundo, caso elas venham a ser completamente exploradas.

Os reservatórios do pré-sal são formados por carbonatos, tipo de rocha diferente dos arenitos, tradicionalmente encontrados onde hoje se dá a maior parte da extração de petróleo do país, na Bacia de Campos. Os carbonatos ainda não foram totalmente caracterizados quanto às suas propriedades físicas, mecânicas, químicas e térmicas.

Antes que a exploração comercial da área do pré-sal seja iniciada, há desafios técnicos de extrema complexidade a serem resolvidos. O primeiro deles é a grande profundidade que deve ser ultrapassada até se chegar ao petróleo – uma lâmina de água de mais de 2 mil metros, camadas de sedimentos, de sal e do pré-sal propriamente dito, que totalizam de 5 mil a 7 mil metros de profundidade. Essas reservas são bem mais profundas do que o poço onde aconteceu o acidente no Golfo do México, a 2 mil metros de profundidade.

Atualmente, não existe tecnologia capaz de evitar grandes desastres nas reservas. Um vazamento na área resultaria na poluição dos mares, o que poderia comprometer a função de regulação climática dos oceanos, que é desempenhada apenas se os mesmos se mantiverem limpos.

A camada de sal é um material plástico e fluido e pode desabar sobre a coluna de perfuração após o aprofundamento do poço, impossibilitando a retirada do equipamento. Também o impacto da pressão da coluna de água dificulta a extração e a distância entre a costa e os poços de perfuração (superior a 300 quilômetros) e intensifica esforços logísticos de transporte do petróleo.

As emissões mínimas computadas na exploração, refino e utilização de combustíveis derivados do pré-sal seriam, a partir de 2020, da ordem de 230 milhões de toneladas de CO₂ equivalente, valor mínimo considerando a utilização do combustível para atender à demanda energética interna.

Já as emissões máximas de exploração, refino e utilização de combustíveis derivados do pré-sal têm como premissa os volumes totais de petróleo de suas reservas, estimadas entre 50 e 80 bilhões de barris. Os valores podem variar de 14 bilhões de toneladas de CO₂ (ou 350 milhões de toneladas anuais, durante 40 anos) a 35 bilhões

de toneladas de CO₂ (ou 887 milhões de toneladas anuais, durante 40 anos). O valor aumenta caso o CO₂ contido nas profundezas do pré-sal não seja capturado e armazenado (leia texto abaixo sobre captura e sequestro de carbono). Reservas entre 50 e 80 bilhões de barris podem representar uma emissão adicional de 13 a 20 bilhões de toneladas de CO₂ liberadas no ambiente.

captura e sequestro de carbono

Dá-se o nome de sequestro de carbono (CCS, da sigla em inglês) ao processo de remoção de gás carbônico em oceanos, florestas e formações rochosas, estocando-o e evitando sua emissão e permanência na atmosfera. O armazenamento pode ser gasoso, em formações geológicas como campos de gás já explorados, líquido, no oceano, ou sólido, pela reação do CO₂ com óxidos metálicos. Esse sistema tenta remediar a poluição após a emissão dos gases, mas é uma resposta cara do ponto de vista econômico e ainda não tecnologicamente viável.

O armazenamento de CO₂ nos oceanos, como consequência de extração de petróleo, poderia resultar na acidificação da água, com enormes prejuízos para um grande número de ecossistemas e organismos no entorno dos locais de disposição. Formações de rochas porosas profundas, como é o caso da camada pré-sal, apresentam um grande potencial de captura de CO₂, mas também riscos de vazamentos. De acordo com estudo publicado no periódico científico "Geology"⁴, estocar CO₂ nesse tipo de formação pode acidificar a água, que, por sua vez, pode dissolver minerais metálicos da rocha, criando túneis pelos quais o CO₂ escaparia.

Apesar de o custo da captura e do armazenamento de carbono contido no pré-sal não ter sido estimado, a Petrobras prevê o uso dessa tecnologia para impedir a emissão das milhões de toneladas de CO₂ contidas nos poços do pré-sal. Especialistas da Coppe/UFRJ consideram que ainda existem dúvidas sobre sua eficácia⁵, além de ser pouco viável do ponto de vista econômico.

Devido à falta de experiência com o armazenamento de CO₂, sua segurança é geralmente comparada ao armazenamento de gás natural. Essa tecnologia tem sido testada e experimentada por décadas e estimada pela indústria como de baixo risco. O Greenpeace discorda dessa avaliação. O caso do lago Nyos⁶, em Camarões, em 1986, quando 1.700 pessoas morreram por causa de um vazamento de CO₂, indica que o grau de risco envolvido nessa tecnologia tem sido subestimado.

energia nuclear

Em usinas nucleares, uma cadeia de reações de fissão nuclear resulta em calor para aquecer água, que, por sua vez, se transforma em vapor, que movimenta uma turbina, produzindo energia elétrica.

Para completar as etapas do ciclo nuclear, é necessário produzir combustível para o reator, a partir do qual será produzido calor para gerar energia elétrica. Esse combustível, para ser fabricado, passa por um longo processo – mineração do urânio, seu beneficiamento e enriquecimento – que emite gases de efeito estufa em uma quantidade maior do que os decorrentes do investimento em vento e sol.

A geração nuclear, considerado seu ciclo completo, emite em média 66g CO₂/kWh⁷. Em comparação, eólica emite cerca de 10g CO₂/kWh e solar, em torno de 30g CO₂/kWh.

Os países deveriam cortar, até 2020, 40% das emissões de gases estufa em relação ao que era emitido em 1990. Subsidiar a energia nuclear desvia investimentos em energias renováveis. Os R\$ 9 bilhões estimados pela Eletronuclear para a construção da usina de Angra 3, com capacidade instalada de 1.350 MW, seriam suficientes para montar uma usina eólica com capacidade instalada de 2.000 a 2.500 MW. A energia nuclear também implica em uma capacidade menor de geração de emprego e, portanto, de renda⁸.

Em países como a Finlândia, que optaram pelo desenvolvimento de reatores de nova geração, foram encontradas falhas na construção de usinas. Esse país teve de bancar sobrecustos que já ultrapassam o dobro do preço inicial e atraso de anos na construção. Além disso, o descomissionamento – desmonta da usina após o término das suas operações, em média 40 anos – e o gerenciamento dos rejeitos radioativos ainda são incógnitas, inclusive financeiras, na administração da energia nuclear.

Em nenhum lugar do mundo uma usina comercialmente operante foi completamente descomissionada e ainda não há solução para o lixo nuclear. Esses custos poderiam ser melhor aplicados no desenvolvimento e na construção de usinas de fonte renovável.

A maioria dos reatores nucleares utiliza urânio como combustível e produz plutônio como resíduo de suas operações. Ambos os elementos são matérias-primas para bombas nucleares, que requerem como material físsil especial o urânio 235 ou o plutônio 239.

É impossível impedir que uma grande usina de reprocessamento nuclear transforme resíduo em armas nucleares – bastam de quatro a seis meses para a construção de uma usina de separação de plutônio de pequena escala. Qualquer país com um reator ordinário é capaz de produzir armas nucleares de forma relativamente rápida, levando insegurança ao mundo.



imagem PROTESTO PELAS ENERGIAS RENOVÁVEIS EM FRENTE ÀS USINAS DE ANGRA 1 E 2.

fontes renováveis

As energias renováveis, como o próprio nome diz, envolvem fontes naturais que se renovam constantemente e, por isso, ao contrário dos combustíveis fósseis e do urânio, nunca se esgotarão. A maioria delas origina-se a partir de efeitos do Sol e da Lua sobre padrões climáticos da Terra.

A expectativa mundial é que as renováveis substituam gradativamente as energias geradas a partir de fontes fósseis. No Brasil, espera-se que as energias eólica, solar e de biomassa assumam uma participação cada vez maior na matriz elétrica nacional.

Além de substituir a energia de fontes fósseis e reduzir as emissões de gases poluentes, o modelo renovável promove a descentralização da produção. Ao invés de acumular a geração de energia em grandes usinas hidrelétricas e termelétricas, geralmente distantes dos centros de consumo, o modelo descentralizado renovável prevê mais unidades geradoras em menor escala, instaladas mais próximas aos locais de maior demanda energética.

Quanto menor a distância de transmissão, menores serão as perdas de energia elétrica. Dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) revelam que 16% da eletricidade produzida no Brasil é perdida durante os processos de transmissão e distribuição⁹ – o que equivale atualmente à geração da hidrelétrica de Itaipu. Deste total, cerca de metade é perda técnica e a outra metade é decorrente de perdas comerciais, fraude ou furto de eletricidade – o “gato”.

Descentralizar a geração elétrica também é uma forma de democratizar o fornecimento. Esse sistema facilita o abastecimento de comunidades isoladas, que podem gerar sua própria energia por meio de pequenos geradores ou sistemas solares ou hídricos com menor impacto ambiental do que o uso de geradores movidos a diesel. O uso das fontes renováveis vem sendo reconhecido como importante tendência do mercado energético.

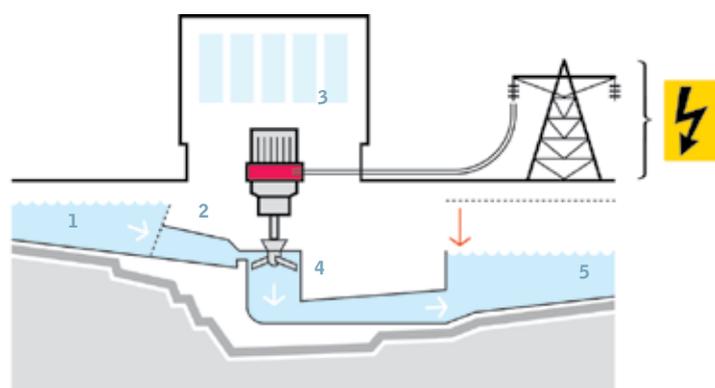
energia hidrelétrica

A água vem sendo empregada para a produção de eletricidade há quase um século. Atualmente, cerca de um quinto da eletricidade mundial é produzida por meio de tecnologia hídrica. No Brasil, a participação é ainda mais expressiva: a hidroeletricidade representou 85% do total de energia gerada em 2009¹⁰.

O cenário Revolução Energética prevê a diminuição da participação da energia hídrica na matriz elétrica brasileira em relação à participação atual e contesta o investimento em grandes hidrelétricas na Amazônia em detrimento de uma matriz que privilegie novas tecnologias como eólica, biomassa e solar somadas a investimentos em eficiência energética.

O Plano Decenal de Energia, lançado em maio de 2010 pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), prevê que, para fazer frente ao crescimento no consumo, serão necessários investimentos na ordem de R\$ 241 bilhões em energia elétrica nos próximos dez anos. Esse crescimento demandará, segundo o órgão, a construção de 39 usinas hidrelétricas, além das já leiloadas usinas de Santo Antônio, Jirau e Belo Monte, para atender à necessidade de expansão do sistema elétrico em mais de 3 mil MW por ano. Cerca de 15% da capacidade instalada planejada para esta década está baseada em hidrelétricas a serem instaladas na Amazônia.

figura 1: tecnologia hídrica



1. Admissão
2. Duto
3. Usina geradora
4. Turbina
5. Saída

Grandes usinas hidrelétricas com barragens e lagos artificiais causam sérios impactos socioambientais, tais como a inundação de áreas habitáveis, o deslocamento de comunidades e a perda de biodiversidade da área afetada. Esses impactos são ainda mais graves nas barragens previstas para a região amazônica – as usinas de

Santo Antônio e Jirau, no Rio Madeira, e a usina de Belo Monte, no Rio Xingu, são projetos localizados em áreas sensíveis, como terras indígenas e unidades de conservação.

Parte do potencial hidrelétrico brasileiro pode ser explorada por meio de pequenas centrais hidrelétricas (PCHs), usinas de menor porte mas suficientes para abastecer pequenas e médias cidades ou indústrias, mediante o cumprimento de uma série de exigências socioambientais. Mais de 360 PCHs com capacidade energética superior a 3 mil MW operam no país. De acordo com a EPE e o Ministério de Minas e Energia, o potencial teórico de PCHs é de 25 mil MW.

gerenciamento de carga

Para reduzir o gasto de eletricidade nos horários de pico, há países que concedem incentivos financeiros a consumidores. Esse sistema já é utilizado por algumas grandes indústrias europeias, mas uma concessionária norueguesa inclui até consumidores domésticos privados no processo, enviando mensagens de texto pelo celular com avisos para que cortem o uso. Cada morador pode decidir, com antecedência, se quer ou não participar.

Esse tipo de gerenciamento de demanda vindo sendo simplificado pelos avanços em tecnologias de comunicação, com a instalação de medidores inteligentes de consumo de eletricidade. Esse processo deve ser posto em prática no Brasil nos próximos dez anos. Os novos medidores permitem a leitura remota do consumo de eletricidade em cada eletrodoméstico, computador etc, e também da eletricidade gerada, caso a residência conte com painéis fotovoltaicos ou outro tipo de pequeno gerador.

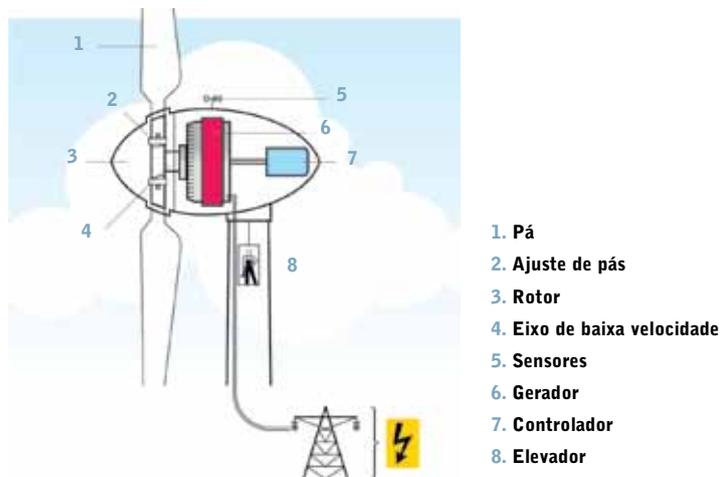
Sistemas de geração de eletricidade renovável também contribuem para melhorar o gerenciamento da carga. Fazendas eólicas, por exemplo, podem ser temporariamente desligadas quando há muita energia disponível na rede e pouco consumo. É o que ocorre muitas vezes durante a noite, quando venta bastante, mas o uso da energia é bem menor do que em horário comercial.

energia eólica

A energia eólica é produzida por máquinas que os engenheiros chamam de aerogeradores – equipamentos de até 120 metros de altura que lembram cataventos ou moinhos. São compostos essencialmente por uma torre, um gerador elétrico e uma hélice. O vento faz as pás girarem e esse movimento é transformado em energia elétrica pelo gerador.

Os parques eólicos podem ser localizados em terra ou no mar. Como para cada local o vento apresenta características e um comportamento diferentes, a necessidade de turbinas diferenciadas que aproveitem o máximo do potencial energético de cada sítio tende a estimular o desenvolvimento de polos tecnológicos e industriais regionais.

figura 2: tecnologia de turbinas eólicas



Na última década, a energia eólica se tornou a fonte que mais cresce no mundo. O potencial avaliado pelo Atlas Eólico Brasileiro é de 143 mil MW e, segundo a Associação Brasileira de Energia Eólica (Abeeólica), a revisão desses números, considerando um maior grau de medição e o aumento da altura média das torres eólicas, atualizaria esse valor para acima de 300 mil MW.

Torres eólicas podem ser instaladas em áreas costeiras com maior abundância de ventos ou distantes do litoral, as chamadas offshore. Elas são ainda mais produtivas do que os parques instalados em terra e, embora esse mercado represente pouco mais de 1% da capacidade mundial de energia eólica, os mais recentes desenvolvimentos tecnológicos têm sido focados em tal potencial emergente.

O crescimento no tamanho das turbinas tem sido acompanhado pela expansão de mercados e fabricantes. Mais de 150 mil turbinas eólicas estão instaladas em mais de 50 países ao redor do mundo.

O mercado norte-americano é atualmente o maior, produzindo 35.064 MW, seguido por China (25.805 MW), Alemanha (25.777 MW), Espanha (19.148 MW) e Índia (10.926 MW), todos esses países com taxas de crescimento impressionantes do setor.

No Brasil, a capacidade atualmente instalada de 800 MW deve superar os 5 mil MW em 2012, como resultado da instalação dos parques eólicos previstos pelo programa oficial de incentivo às fontes alternativas de energia elétrica, o Proinfa, e pelos leilões de energia renovável, realizados em 2009 e 2010.

A exploração da geração eólica deve levar em conta cuidados ambientais: evitar ocupar regiões protegidas, sítios arqueológicos ou dunas e salvaguardar a população habitante do local, que pode sofrer com impactos visuais e leves impactos sonoros. O problema da mortalidade de pássaros em decorrência de choques com aerogeradores tem sido equacionado com o aperfeiçoamento dos estudos de rotas migratórias de aves.



imagem PARQUE EÓLICO NO CEARÁ, REGISTRADO DURANTE CAMPANHA DO GREENPEACE.

energia solar

Painéis fotovoltaicos, instalados no topo de casas e edifícios, captam a luz solar e transformam a radiação em eletricidade. O painel é constituído por um conjunto de módulos e baterias recarregáveis associadas a controladores de carga. A energia elétrica produzida nos dias de sol é armazenada na bateria para ser usada de noite e em dias nublados. Os painéis também podem ser conectados à rede elétrica, transformando a energia solar em corrente contínua, gerando eletricidade com as mesmas características da energia disponível na rede comercial. A energia solar pode ser gerada tanto em residências e edifícios comerciais, localizados em centros urbanos, quanto em comunidades isoladas que não estão conectadas à rede elétrica.

Dados do Atlas Solarimétrico do Brasil¹¹ indicam que o país tem uma média anual de radiação global entre 1.642 e 2.300 KWh/m²/ano. Se apenas 5% dessa energia fosse aproveitada, toda a demanda brasileira por eletricidade poderia ser atendida.

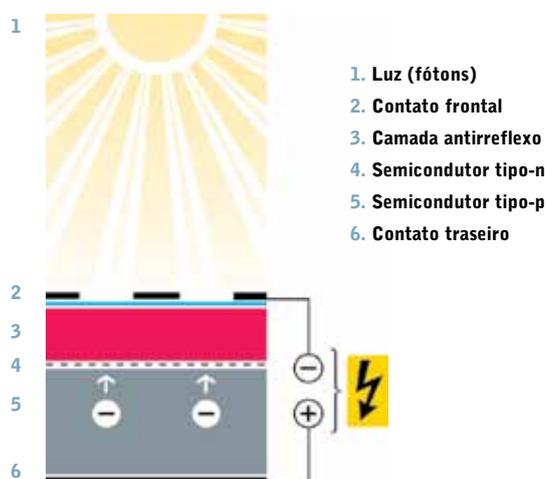
O mercado mundial de painéis fotovoltaicos cresceu acima de 30% ao ano nos últimos cinco anos, focado em aumentar a eficiência energética e reduzir o uso de matéria-prima. As células fotovoltaicas têm registrado considerável queda de preço, seguindo uma redução aproximada de 20% a cada duplicação da capacidade instalada. Assim, nos próximos dez anos, as células devem se tornar competitivas em relação aos preços médios de tarifas elétricas praticadas atualmente.

Usinas heliotérmicas, ou usinas de energia solar concentrada (CSP), produzem eletricidade de modo similar às termelétricas. A diferença é que a energia é obtida pela concentração de radiação solar e convertida em vapor ou gás de alta temperatura para impulsionar uma turbina ou motor. Grandes espelhos concentram a luz em uma única linha ou ponto. O calor produzido é utilizado para gerar vapor quente e de alta pressão, usado para movimentar turbinas que geram eletricidade. Em regiões de sol intenso, usinas heliotérmicas podem

garantir grande produção de eletricidade. Os principais projetos estão localizados atualmente na Espanha e nos Estados Unidos.

A energia solar concentrada tem vivido grande expansão internacional e seus custos, em longo prazo, podem situar-se entre R\$ 100 e R\$ 180/Wh. Esses sistemas são apropriados para regiões com altos índices de radiação solar direta, como o Nordeste brasileiro.

figura 3: tecnologia fotovoltaica

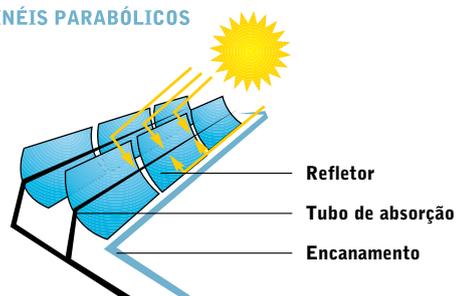


Por último, um dos sistemas de mais fácil acesso e mais práticos é o de aquecedores solares térmicos, composto por placas solares que aquecem água em um reservatório térmico, onde a água fica armazenada, quente, para consumo posterior.

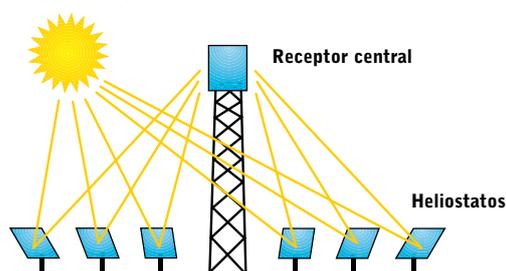
As diferentes tecnologias de energia solar oferecem boas perspectivas de desenvolvimento aliado à redução de custos. Trabalha-se hoje no aumento da eficiência, e, por conseguinte, barateamento, para sistemas de recepção central (ou torres solares) e coletores com lente do tipo Fresnel. Maior capacidade de armazenamento de calor contribui também para a redução de custos e para o aumento no

figura 4: painéis parabólicos / receptor central ou torre solar / disco parabólico

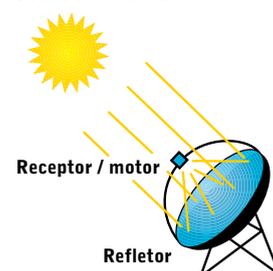
PAINÉIS PARABÓLICOS



RECEPTOR CENTRAL



DISCO PARABÓLICO



número de horas de operação das usinas, também ampliado com áreas maiores de coletores.

Coletores solares térmicos são baseados no princípio secular de que o Sol aquece água contida em um recipiente escuro. As tecnologias solares térmicas no mercado atual são eficientes e altamente confiáveis, fornecendo energia para uma ampla gama de aplicações – da água quente doméstica e aquecimento em prédios residenciais e comerciais até o aquecimento de piscinas, refrigeração solar assistida, aquecimento de processo industrial e dessalinização de água potável.

Ainda que exista tecnologia madura para o aquecimento de água residencial, ele ainda não se tornou um produto de massa em muitos países, independentemente de seu potencial solar. No Brasil, em 2007, apenas 1,5% das residências tinham coletores instalados¹². Essa tendência tem se invertido com a aprovação de diferentes leis municipais e estaduais que preveem a instalação de coletores em edificações a partir de um determinado porte. Levar em consideração essas tecnologias na hora de projetar um edifício é crucial para reduzir os custos de instalação. Mas, além da aplicação residencial, há um enorme potencial não utilizado no setor industrial, que deve se abrir com a comercialização de novas tecnologias.

A cadeia produtiva de painéis fotovoltaicos é de baixo impacto ambiental. Apesar dos rejeitos químicos (especialmente cádmio, arsênio e selênio) decorrentes de sua produção, o descarte correto desses produtos evita efeitos negativos. As emissões de gases de efeito estufa dos painéis, considerando todo seu ciclo de vida, são extremamente baixas e a energia empregada em sua produção é compensada em alguns meses de funcionamento.

No caso de usinas heliotérmicas, o principal impacto relaciona-se ao uso de água para o sistema de resfriamento¹³, que pode ser remediado com o aumento de eficiência térmica desses sistemas e a utilização de diferentes tipos de fluidos de transferência de calor.

biomassa

Biomassa é toda matéria orgânica animal ou vegetal, como resíduos agrícolas e florestais, que pode ser utilizada na produção de energia para aquecer, gerar eletricidade ou combustível para transporte – o chamado biocombustível. No Brasil, os principais exemplos de biocombustíveis são o etanol produzido a partir da cana-de-açúcar e o biodiesel produzido a partir de soja, mamona e sebo bovino. Também o biogás, oriundo de aterros sanitários, é um tipo de biomassa.

No processamento da cana-de-açúcar há alta demanda de energia térmica, mecânica e elétrica. Após a extração do caldo, é possível

queimar o bagaço obtido em caldeiras, produzindo vapor, que pode ser reutilizado em diferentes processos. O álcool responde por cerca de um terço do total da energia contida na planta, o restante pode ser aproveitado com o bagaço e a palha.

Com o aproveitamento da energia resultante da queima desses produtos – ao que damos o nome de cogeração –, podem ser produzidos no Brasil 28 mil MW, o equivalente a duas usinas de Itaipu, segundo a União da Indústria de Cana-de-Açúcar (Unica). Hoje, a geração de eletricidade por biomassa no país já superou os 7 mil MW.

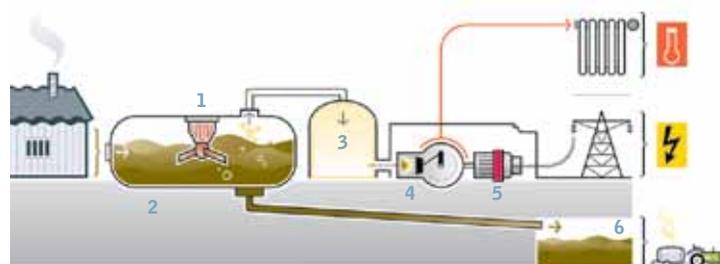
As usinas de cogeração a biomassa funcionam como termelétricas, com a diferença que o combustível deve ser processado antes de ser queimado. O tamanho médio das usinas também é inferior ao de grandes termelétricas, pois precisam estar próximas às plantações.

Os principais impactos ambientais dos biocombustíveis devem-se à exploração do solo, à ocorrência de queimadas, contaminação de lençóis freáticos pelo descarte indevido da vinhaça (resíduo da destilação da cana) e pressão sobre a fronteira agrícola, com tendência a provocar o desmatamento indireto na Amazônia e no cerrado. Os impactos sociais estão relacionados às condições de trabalho dos agricultores temporários, bem como diferentes casos de impactos à saúde humana, especialmente relacionados à fumaça, identificados próximos a canaviais.

O uso de biocombustíveis pode representar uma solução à redução do consumo de fósseis, principalmente no setor de transportes; porém, pode agravar os problemas sociais e ambientais do país. Se produzido dentro de rígidos padrões de salvaguardas socioambientais, o etanol pode ampliar sua participação no setor de transportes como alternativa aos demais combustíveis, como o diesel.

A segunda geração de biocombustíveis, fabricados a partir de resíduos agrícolas, reforça essa substituição, como no exemplo do diesel produzido a partir da cana-de-açúcar.

figura 5: tecnologia de geração por biogás



- | | | |
|--------------------------|----------------------------|-------------------------|
| 1. Misturador | 3. Armazenamento de biogás | 5. Gerador |
| 2. Câmara de fermentação | 4. Motor de combustão | 6. Depósito de resíduos |

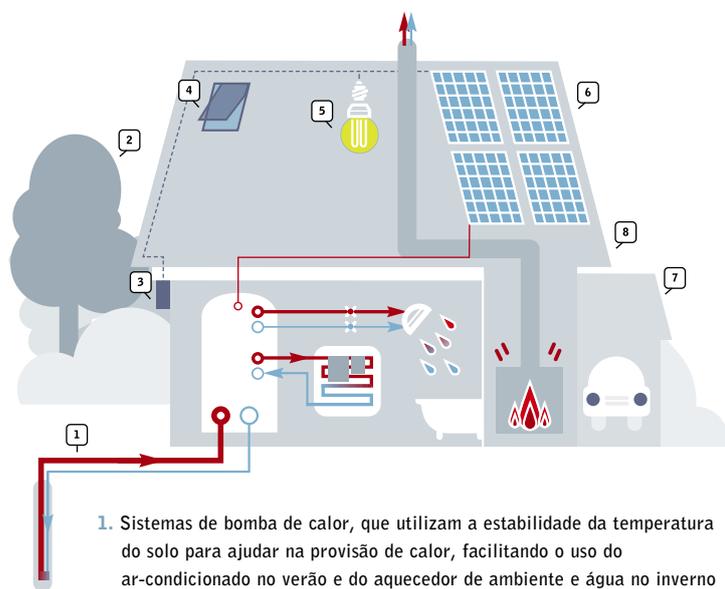
eficiência energética

O futuro da conservação de energia no mundo passa por seu uso inteligente. Por isso, o cenário Revolução Energética leva em conta não só a forma como produzimos mas também como consumimos energia elétrica. Até 2050, espera-se que 26% da demanda energética possa ser reduzida com a implantação de medidas que usem o lema "mais com menos". É mais barato investir em eficiência energética que gerar mais energia, além de mais simples, com muitas medidas adotadas individualmente.

Eficiência também pode implicar em uma série de outros aspectos positivos. Uma máquina de lavar eficiente, por exemplo, utiliza menos energia e, ainda por cima, economiza água. Uma casa com boa insolação é mais quente no inverno e mais fresca no verão.

residências eficientes

figura 6: Como reduzir o consumo de energia doméstico



1. Sistemas de bomba de calor, que utilizam a estabilidade da temperatura do solo para ajudar na provisão de calor, facilitando o uso do ar-condicionado no verão e do aquecedor de ambiente e água no inverno
2. Árvores, que fornecem sombra e refresco no verão e formam uma barreira contra o vento gelado no inverno
3. Baterias que armazenam a eletricidade produzida pelos painéis solares
4. Vidros low-e, que permitem o máximo aproveitamento de luz natural com baixa transferência térmica entre o ambiente externo e o interno
5. Lâmpadas eficientes
6. Painéis fotovoltaicos, para produção de eletricidade, e painéis térmicos, para aquecimento de água
7. Fachadas duplas e ventiladas, que reduzam a necessidade de resfriamento e aquecimento
8. Uso de materiais com propriedades isolantes, como madeira

fonte: CONSELHO EMPRESARIAL MUNDIAL PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 2005.

Eficiência energética também se atinge com o uso de:

- Isolamento térmico de telhados e paredes para reduzir perdas de calor e frio;
- Técnicas solares passivas, sem o uso de equipamentos mecânicos, para utilizar a radiação de acordo com o projeto da residência e a orientação das janelas;
- Uso da arquitetura bioclimática para valorizar a ventilação no verão e a recepção de energia do sol no frio.

iluminação

Por mais de cem anos, as lâmpadas incandescentes foram o tipo de iluminação mais comum e mais ineficiente: 95% de sua eletricidade é transformada em calor e, portanto, dispersada. Apesar de terem um custo inicial baixo, sua vida útil é relativamente pequena, de aproximadamente mil horas.

Lâmpadas fluorescentes compactas são mais caras do que as incandescentes, mas usam aproximadamente 75% menos energia, produzem 75% menos calor e duram dez vezes mais. Já os LEDs (diodo emissor de luz) usam 90% menos energia e duram 50 vezes mais. Países como Cuba, Venezuela e Argentina já baniram suas lâmpadas incandescentes, como forma de incentivar o uso de alternativas mais eficientes de iluminação. No Brasil, o projeto de lei que propõe o banimento das lâmpadas (PL 1161/07), do deputado Arnon Bezerra, está em análise da Comissão de Minas e Energia desde 2008.

Outra medida importante diz respeito ao aproveitamento da luz natural em casas e apartamentos. Prédios projetados para obterem o máximo da luz solar podem suprir até 70% de sua demanda com luz natural, enquanto um prédio comum conta com no máximo 25% desse recurso¹⁴.

ar-condicionado

O consumo de energia por ar-condicionado em países em desenvolvimento aumenta conforme o crescimento econômico e o padrão de vida nesses países. No Brasil, o uso de ar-condicionado é responsável por cerca de 25% do total do consumo de energia elétrica residencial e mais de 40% do consumo do setor comercial¹⁵.

Cabe ressaltar que, além do uso eficiente dos aparelhos de ar-condicionado, é importante reduzir a necessidade de refrigeração. Entre as formas de reduzir essa demanda estão usar a insolação para prevenir o calor nos edifícios e casas, reduzir a quantidade de aparelhos ineficientes como lâmpadas incandescentes ou geladeiras antigas que aquecem o ambiente, usar vegetação para reduzir o calor que entra na casa e ventilação no lugar de refrigeração.

uma usina virtual em casa

O rápido desenvolvimento das tecnologias de informação é um aliado na missão de oferecer energia descentralizada. Consumidores domésticos de alguns locais da Europa e dos Estados Unidos já podem controlar seu uso de eletricidade e aquecimento via internet, de forma a minimizá-lo em horários e períodos mais caros.

É a chamada casa inteligente, aparelhada com uma miniusina de geração solar, eólica ou de outro tipo, que se torna um centro de gerenciamento de energia. Um passo adiante é uma usina virtual. Nesse caso, virtual não significa que a usina não produz eletricidade de verdade. Ela funciona com um núcleo – do inglês hub, ou unidade de controle –, que processa informações de várias estações de energia descentralizadas, as compara com previsões de demanda, geração e condição de tempo, revisa os preços de mercado de energia e, com isso, garante a produção necessária de energia.

Algumas concessionárias internacionais utilizam esse sistema, integrando usinas de cogeração, fazendas eólicas, sistemas fotovoltaicos e outras. A usina virtual pode ainda conectar os consumidores ao processo de gerenciamento.

refrigeração

Uma residência média consome 700 kWh por ano de eletricidade na refrigeração de alimentos. Nos Estados Unidos, a média é de 1.300 kWh, o que ilustra a diferença de capacidade de armazenamento das casas, além das variações de temperatura ambiente e de controle de alimentos.

Equipamentos mais eficientes podem reduzir o consumo total de refrigeração no setor residencial. O Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel) promove a etiquetagem de diversos eletrodomésticos, classificando-os de acordo com desempenhos de eficiência, de A para os mais eficientes a E para os menos.

Nas próximas décadas, a reavaliação da classificação de acordo com a evolução tecnológica dos equipamentos deve manter em perspectiva a redução de consumo. Na Europa, por exemplo, o potencial de redução pela utilização de equipamentos de nível mais elevado, ou A++, é de 60%.

chuveiro elétrico

O uso de chuveiros elétricos para o aquecimento de água responde por um dos maiores consumos residenciais do país. A demanda diária de eletricidade para esse fim, em seu horário de pico – das 18h às 21h – exige a geração de uma grande quantidade de energia. No Brasil, para atender ao banho quente da população, utiliza-se o equivalente a uma vez e meia a produção da hidrelétrica de Itaipu durante essas três horas. A energia solar pode ser usada para reduzir o consumo, com enormes benefícios ao planejamento energético e à conta de luz do setor residencial. A demanda pode ser reduzida em até 26%.

computadores

Depois da iluminação e da refrigeração, computadores são os equipamentos que mais consomem energia no setor comercial. Um computador de mesa consome em média 120 W por hora (75W para o monitor e 45W para a CPU) e um laptop médio, 30W por hora. Pode-se reduzir o consumo com monitores como os de LCD, que utilizam 79% menos energia do que os de tubo de raios catódicos¹⁶, e com o gerenciamento de energia, mantendo o computador em estado de hibernação fora do expediente, o que possibilita 80% de redução. Outro efeito indireto da redução de energia de computadores é o menor consumo de energia de ar-condicionado para mantê-los refrigerados em escritórios.

aparelhos em standby

A energia disponível quando um aparelho não está em uso – desligado, mas ainda conectado à fonte de energia – é desperdiçada. Em aparelhos de televisão, música e impressoras, esse consumo é de 30% a 40% de energia. Em países desenvolvidos, o consumo de aparelhos em standby soma entre 20W e 90W por residência, variando de 4% a 10% do total da eletricidade usada. Em economias emergentes, o número de aparelhos domésticos está em ascensão. Na China, por exemplo, a energia gasta por aparelhos em standby era praticamente nula nos anos 1980 e, no ano 2000, passou a ser responsável por 50 kWh a 200 kWh por ano em uma residência urbana média – o que representa, em âmbito mundial, pelo menos seis usinas de 500MW.

Até 2050, caso o mundo mantenha o padrão de desperdício verificado hoje, é possível que 8% da demanda por eletricidade no mundo todo venha do uso de aparelhos elétricos em standby¹⁷. Há tecnologia disponível para reduzir esta demanda em apenas 1 watt. A Agência Internacional de Energia (IEA, da sigla em inglês) propõe um padrão global para essa redução, como o que já vigora no Japão, na Coreia do Sul e no Estado americano da Califórnia.

motores

Os motores constituem a fonte do trabalho produtivo da sociedade industrial moderna e desempenham papel fundamental na economia, movimentando sistemas e equipamentos, desde bombas, compressores e ventiladores a sistemas de aeração e aquecimento. Os motores elétricos consomem aproximadamente dois terços de toda a eletricidade produzida mundialmente. Em âmbito nacional, a força motriz consome acima de 50% da energia elétrica do setor industrial¹⁸ e cerca de um terço do consumo total de eletricidade.

Entre as medidas de eficiência estão a utilização de motores de alto rendimento, compatíveis às cargas demandadas em fábricas, avaliação das condições da carga empregada, análise térmica e de desempenho, melhoria de práticas de instalação, operação e manutenção destes equipamentos e a utilização de controladores de velocidade em motores, que pode aumentar sua eficiência em mais de 50%.

tabela 2: consumo mensal de equipamentos elétricos residenciais (em kWh)

Ar-condicionado 15.000 BTU	240
Chuveiro elétrico	70
Secadora de roupa grande	42
Geladeira de 1 porta	30
Lavadora de louças	30
Ventilador de teto	28,8
TV em cores 29"	16,5
Computador	16,2
Ferro elétrico automático	12

fonte PROCEL, 2010

Impor padrões de eficiência energética para equipamentos elétricos pode ter um enorme impacto sobre o setor elétrico mundial. Muitas usinas viriam a ser desativadas se padrões rígidos de eficiência fossem colocados em vigor, o que mostra claramente como o potencial é mal-aproveitado.

novas fronteiras

energia oceânica

A energia mecânica do movimento das ondas e marés pode ser usada para produzir eletricidade. Uma estrutura que interage com as ondas converte a energia em eletricidade por meio de sistemas hidráulicos, mecânicos ou pneumáticos. A estrutura, ancorada ou fundada diretamente no solo oceânico ou no litoral, transmite a energia para o fundo do mar por um cabo elétrico, flexível e submerso, levada até a costa por uma tubulação submarina.

Represas ou barragens em estuários ou baías com maré de pelo menos cinco metros de extensão são capazes de produzir energia. Aberturas na barragem permitem que a entrada da maré forme uma bacia. Quando as portas se fecham, a maré volta e a água pode ser canalizada através de turbinas para gerar eletricidade.

A energia oceânica poderia gerar cerca de 90 mil TWh por ano, ou o equivalente à geração anual da usina de Itaipu. Estudos da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) estimam que o litoral do Brasil tenha potencial para suprir cerca de 15% do total da energia elétrica consumida no país¹⁹. A primeira usina já está em projeto e deve ser construída no Ceará.

Internacionalmente, o custo atual da energia oceânica está acima dos R\$ 250/MWh, mas, para o futuro, é estimado que fique entre R\$ 180 e R\$400/MWh, com possibilidades de crescimento dinâmico próximo ao da experiência eólica. O uso dessa tecnologia vem se expandindo principalmente no Reino Unido. Barragens de marés foram construídas em estuários na França, Canadá e China, mas as projeções de custos elevados e objeções aos efeitos nos habitats dos estuários têm limitado essa expansão.

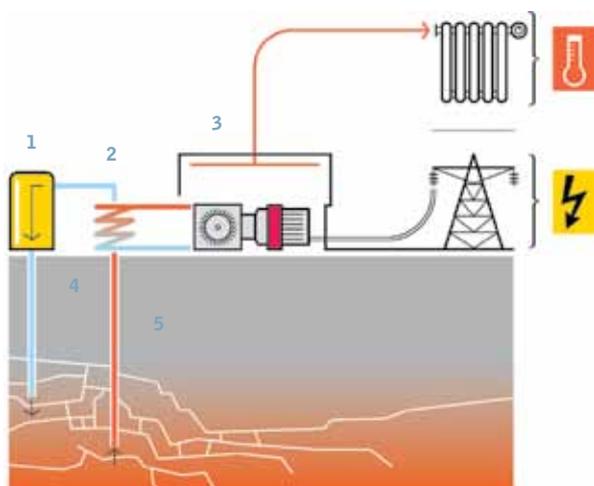
energia geotérmica

O calor e o vapor provenientes das camadas internas da Terra podem ser aproveitados para gerar eletricidade limpa. Em uma usina geotérmica, a água é injetada em uma camada profunda da crosta terrestre até alcançar o magma, manto composto por rochas líquidas a altas temperaturas. Para gerar eletricidade com o vapor obtido, as temperaturas devem ser superiores a 150°C. O líquido extraído dessas camadas pode chegar a uma temperatura de 175°C e ser aproveitado para o aquecimento de água em edifícios, por exemplo.

Em países onde há erupções vulcânicas é comum o uso da energia geotérmica, mas já existe tecnologia para trazer o calor à superfície

em qualquer lugar, mesmo que não haja vulcões. No Brasil, esse tipo de energia é pesquisada nas universidades federais do Rio de Janeiro, São Paulo, Santa Catarina e Rio Grande do Norte²⁰, ainda sem aplicação.

figura 7: tecnologia geotérmica



- | | |
|--|---|
| 1. Bomba | 4. Perfuração para injeção de água fria |
| 2. Trocador de calor (produção de vapor) | 5. Gerador |
| 3. Turbina a gás | |



imagem GÊISER NA ISLÂNDIA É EXEMPLO DE CALOR DAS CAMADAS INTERNAS DA TERRA.

futuras redes de energia

Atualmente, as redes de energia são desenhadas de forma a transportar eletricidade de um número limitado de usinas centralizadas até os consumidores finais. Um sistema futuro deverá ser mais versátil, integrando ativamente consumidores e usinas descentralizadas e possibilitar, em tempo real, a transferência em mão dupla de energia e informação. Grandes usinas enviarão eletricidade às redes de alta tensão, mas pequenos sistemas descentralizados como o solar, de cogeração e usinas eólicas distribuirão sua energia para redes de baixa e média voltagens.

No cenário Revolução Energética, a parcela de energias renováveis variável ou flutuante, ou seja, aquelas que dependem de ventar ou fazer sol, por exemplo, deve atingir cerca de 3,8% do total gerado em 2020 e 26,4% até 2050. A construção de novas linhas de transmissão de alta tensão pode dar conta de transportar a eletricidade vinda desse tipo de geração intermitente, garantindo que não haja prejuízo ao abastecimento.

referências e notas

1. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, 2010.
2. "Update on Gulf of México Oil Spill", em www.bp.com, em 10 de novembro de 2010.
3. Excelência Energética. "Estudo analítico comparativo dos custos finais de geração de energia elétrica a partir de fonte nuclear com os de fontes renováveis e óleo combustível no Brasil", 2010.
4. KHARAKA, Y.K. "Gas-water-rock interactions in frio formation following CO2 injection: the storage of greenhouse gases in sedimentary basins". *Geology* 34, p. 577, 2006.
5. GOMES, SZKLO, SCHAEFFER. "The impact of CO2 taxation on the configuration of new refineries: an application to Brazil". *Energy Policy* 37, ed. 12, dezembro de 2009.
6. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/pmc1836556/>
7. SOVACOOOL, B. "Valuing the greenhouse gas emissions from nuclear power: a critical survey". *Energy Policy* 36, p. 2940-2953, 2008.
8. "Working for the climate", Greenpeace, 2009, e RUTOVITZ, J., ATHERTON, A. "Energy sector jobs to 2030: a global analysis". Institute for Sustainable Futures, University of Technology, Sidney, 2009.
9. Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), 2008.
10. Empresa de Pesquisas Energéticas (EPE) e Ministério de Minas e Energia (MME). "Balanço Energético Nacional 2010". Rio de Janeiro, 2010.
11. TIBA, C., FRAIDENRAICH, N., LYRA, F. J. M., GROSSI, H. G., MOSZKOWICZ, M. "CD ROM Atlas Solarimétrico do Brasil". 2003.
12. Departamento de Aquecimento Solar da Associação Brasileira de Refrigeração, Ar-Condicionado, Ventilação e Aquecimento (Dasol-Abrava), 2009.
13. Usinas heliotérmicas de energia solar concentrada (CSP) apresentam consumos diferenciados de água de acordo com a tecnologia e com os sistemas de resfriamento empregados. O sistema de calha parabólica emprega água fria para recondensar o vapor utilizado na produção de energia. Assim, há perda de água por evaporação e para a manutenção dos espelhos, resultando em um alto consumo de 2,94 m³/MWh. Tecnologias de receptores de torres centrais apresentam valores levemente inferiores, em 2,94 m³/MWh. Esse consumo é reduzido significativamente com o uso de resfriamento por ar, ainda que a eficiência da planta seja reduzida. O resfriamento a seco reduz o consumo de água para valores inferiores a 0,3 m³/MWh (US DOE, 2007).
14. Agência Internacional de Energia (IEA), 2006.
15. Procel, 2007.
16. Best of Europe, 2008.
17. HARMELINK ET AL., 2005.
18. Procel, 2008.
19. ESTEFEN, S. "Geração de Energia Elétrica pelas Ondas do Mar". 2006.
20. HAMZA, V.M., CARDOSO, R.R., GOMES, A.J.L. AND ALEXANDRINO, C.H. "Brazil: Country Update". *Proceedings World Geothermal Congress 2010*. Bali, Indonesia, 2010.

revolução energética

É POSSÍVEL AUMENTAR O PIB UTILIZANDO MENOS ELETRICIDADE, QUEIMANDO MENOS PETRÓLEO E USANDO TECNOLOGIAS RENOVÁVEIS.

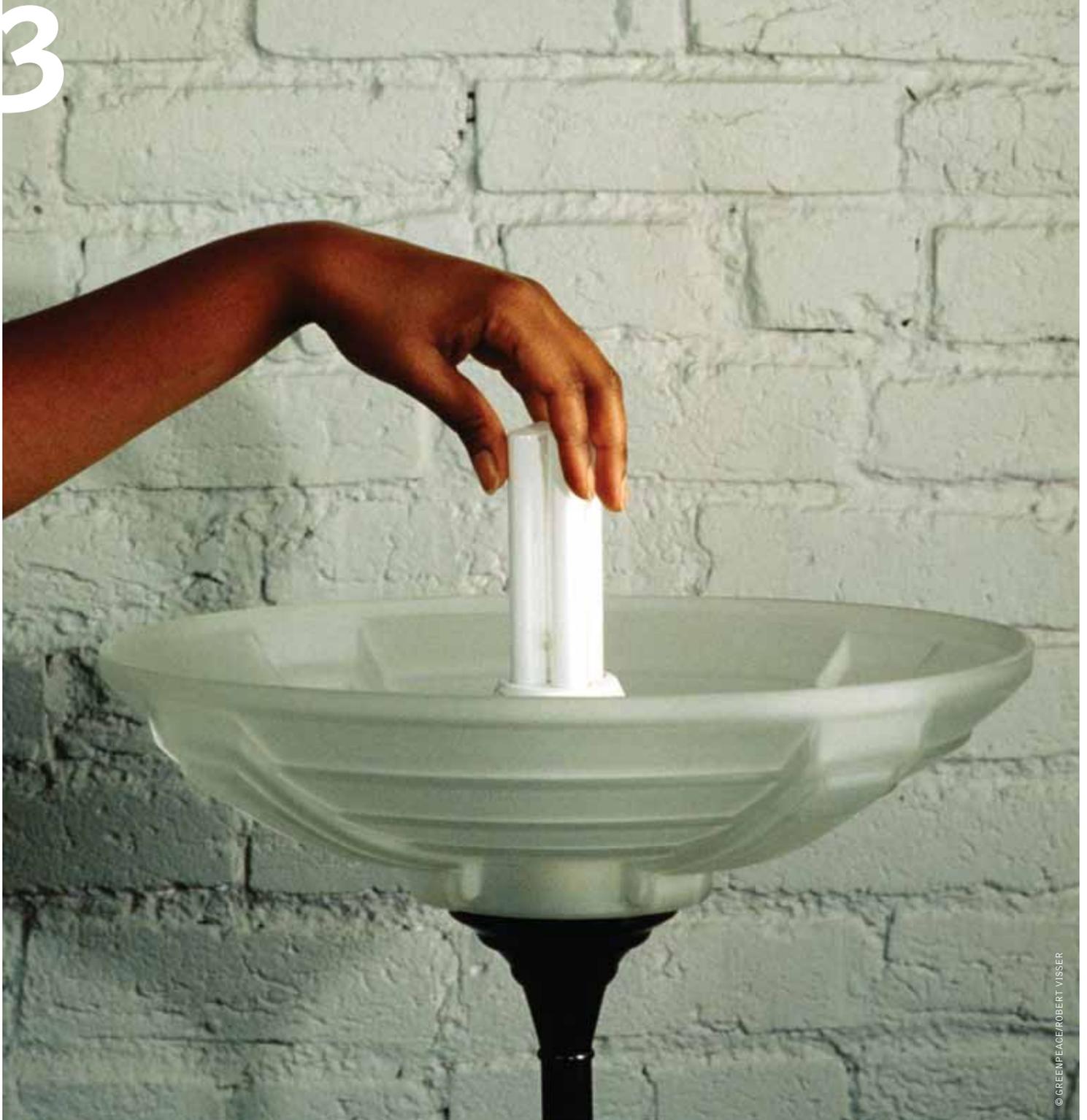


imagem A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA É UMA DAS FERRAMENTAS PARA PROMOVER A MUDANÇA DO ATUAL MODELO ENERGÉTICO PARA UM SISTEMA SUSTENTÁVEL.

É preciso uma mudança radical, uma verdadeira revolução na forma como a energia é produzida, distribuída e consumida, para impedir que os impactos das mudanças climáticas sejam ainda mais drásticos. Essa revolução deve começar imediatamente e estar em pé nos próximos dez anos.

A atual geração de eletricidade está centralizada em usinas de grande impacto socioambiental, que desperdiçam parte da energia produzida ao longo da rede de transmissão e distribuição. Esse sistema é muito vulnerável a falhas técnicas e eventos meteorológicos. Tais falhas provocam um efeito cascata que resulta em blecautes e interrupção do fornecimento, como aconteceu, por exemplo, no incidente de interrupção de transmissão de energia da usina de Itaipu em novembro de 2009. Toda tecnologia utilizada para gerar eletricidade nesse modelo está, inevitavelmente, sujeita a esses problemas, enquanto um modelo descentralizado ajuda a minimizar tais problemas.

Cinco princípios fundamentais para uma revolução energética:

1 Energia limpa, soluções renováveis e descentralizadas

Há tecnologia para aproveitar a energia de modo mais eficiente. Tudo o que deve ser feito é utilizá-la. Energias renováveis e medidas de eficiência energética estão disponíveis para aplicação imediata, são viáveis e cada vez mais competitivas. Eólica e solar, entre outras, tiveram passos de crescimento de dois dígitos no mercado internacional na década passada. Já os sistemas descentralizados são mais seguros e criam potencialmente mais empregos.

2 Respeito aos limites naturais

A sociedade precisa aprender que a natureza tem limite, até para permitir a renovação dos recursos a serem aproveitados também pelas futuras gerações. A atmosfera não tem capacidade de absorver todo o carbono que o homem emite hoje. As reservas de petróleo poderiam fornecer combustível por mais algumas décadas, mas queimá-las totalmente significaria ultrapassar limites de segurança. O desenvolvimento da indústria de petróleo e de carvão precisa caminhar para o fim.

3 Fim gradual de energias sujas e não sustentáveis

No momento em que as emissões de carbono oferecem um perigo real à manutenção da vida no planeta, não se pode continuar a construir usinas térmicas a óleo combustível, diesel e carvão. As usinas nucleares devem ser gradualmente eliminadas e substituídas e a retomada do programa nuclear brasileiro, interrompida, pois desviam recursos de investimentos em fontes renováveis e mais seguras.

4 Promoção da equidade e justiça

Deve-se buscar uma distribuição justa dos benefícios e dos custos entre as sociedades, nações e gerações presentes e futuras, considerando sempre os limites naturais. Enquanto um terço da população mundial não tem acesso à eletricidade, a maioria dos países industrializados consome muito mais do que necessitaria. Serviços de energia como luz, eletricidade e transporte devem estar disponíveis a todos.

5 Crescimento econômico não significa uso de combustíveis fósseis

O crescimento econômico deve e pode ser desvinculado do aumento de consumo energético, principalmente do consumo de combustíveis fósseis. É possível aumentar o PIB utilizando menos eletricidade, queimando menos petróleo e desenvolvendo as tecnologias renováveis que o substituirão em algumas décadas. Para isso, é necessário usar a energia produzida de modo mais eficiente e fazer uma transição ágil para as energias renováveis, de modo a proporcionar um desenvolvimento limpo e sustentável.

Um caminho para o desenvolvimento

Há dois passos principais a serem seguidos para a transformação do atual modelo energético em um sistema sustentável:

Passo 1: eficiência energética

Colocar em vigor medidas de eficiência energética significa dar prioridade às melhores práticas e tecnologias, atuais e futuras, assumindo contínua postura inovadora. Entre elas estão o aperfeiçoamento dos processos de construção, máquinas e motores ultra-eficientes, substituição de sistemas elétricos de aquecimento por coletores solares e a redução no consumo de energia dos veículos de transporte de mercadorias e pessoas.

Passo 2: mudanças estruturais - energia descentralizada

Para ser mais eficiente e reduzir perdas na distribuição, o cenário detalhado neste relatório Revolução Energética prevê o uso extensivo de centrais de geração descentralizadas. Conectadas a um sistema de rede de distribuição local, esse tipo de energia, produzida no entorno ou no próprio local de consumo, supre casas e escritórios, ao invés de depender de um sistema de transmissão de alta voltagem.

A geração descentralizada, que inclui sistemas isolados totalmente independentes das redes públicas, reduz o desperdício da energia transmitida por longas linhas de usinas hidrelétricas até os principais locais de consumo.

figura 8: um futuro de energia descentralizada

centro urbano



1. Os painéis terão preços mais competitivos
2. Reforma de prédios poderá levar a um corte de 80% do consumo
3. Coletores solares vão ser utilizados para aquecer água
4. Centrais de cogeração serão construídas em várias escalas – oferecendo energia a casas ou a grandes condomínios, sem perdas na transmissão
5. Eletricidade limpa para as cidades também chegará de longe: parques eólicos offshore e usinas de energia solar concentrada têm enorme potencial

subúrbios e campo



1. A geração virá da energia solar fotovoltaica
2. Microusinas de cogeração serão usadas
3. Coletores solares vão aquecer a água
4. Edifícios eficientes usarão a energia de forma mais inteligente
5. Haverá cogeração com energia geotérmica

resultados

A evolução da demanda de energia está condicionada a três fatores-chave: o crescimento populacional, que determina o número de consumidores; o econômico, para o qual o PIB é o indicador mais usado – em geral, o crescimento da demanda energética acompanha o crescimento do PIB –, e a quantidade de energia necessária para produzir uma unidade de PIB, medida pelos indicadores de intensidade energética e elasticidade da demanda de eletricidade.

Para este relatório foram elaborados dois cenários. Um primeiro, chamado de **referência**, é tendencial e usa dados da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), órgão ligado ao Ministério de Minas e Energia, que constam no Plano Decenal de Energia Elétrica 2010-2019 e no Balanço Energético de Energia 2010.

O segundo, chamado de **Revolução Energética**, foi elaborado com projeções do Greenpeace e do Conselho Europeu de Energias Renováveis (Erec).

Ambos baseiam-se nas mesmas projeções de crescimento populacional e econômico e de geração de eletricidade para 2050. O cenário de referência tem como premissa as tendências de planejamento energético sinalizadas pelo governo brasileiro para as próximas décadas. Já o Revolução Energética prevê mais investimento em novas energias renováveis e esforços de uso eficiente de energia. A produção desses cenários contou com a execução e a supervisão técnica de profissionais do setor elétrico e economistas.

projeções de crescimento

crescimento populacional

De acordo com o cenário de referência da Agência Internacional de Energia (AIE), que utiliza as projeções de crescimento demográfico da Organização das Nações Unidas (ONU), a população do Brasil aumentará em proporção semelhante à média latino-americana e de forma menos acentuada que outras regiões em desenvolvimento, alcançando 2050 com uma população de 260 milhões de habitantes. Entre 2030 e 2040, o crescimento será de 0,5% ao ano. Após 2040, cairá para uma taxa anual de 0,3% ao ano. A estabilização desse crescimento será importante para aliviar a pressão sobre a demanda de recursos energéticos e sobre o ambiente.

crescimento econômico

Determinado pelos setores produtivos da economia nacional, representa um vetor preponderante para o aumento da demanda por energia e eletricidade. No Brasil, os dados de expansão da economia

são acompanhados de uma taxa elevada de crescimento do PIB, de 4% na década de 2010 e de 3,8% na de 2020. As taxas são superiores às médias das décadas anteriores – 1980 (1,6%), 1990 (2,7%) e 2000 (3,7%) – e consideram o crescimento econômico sustentável no período.

elasticidade da demanda de eletricidade

A relação entre PIB e energia pode ser medida pela elasticidade, ou a relação entre o aumento do PIB e o consumo adicional de eletricidade necessário para produzi-lo. Quanto mais racional o uso da energia, menor será a quantidade necessária para produzir a mesma unidade de PIB. A partir da década de 1970, a elasticidade tem girado em torno de 1,5 a 1,7, ou seja, para cada ponto percentual de crescimento de PIB, a demanda de eletricidade aumenta pelo menos uma vez e meia.

Há tendência de redução desse índice para valores baixos, como 0,7 ou 0,8, em alguns países que adotaram medidas de eficiência nos processos produtivos, mudaram seu perfil industrial e reduziram o consumo de demais setores. Também há exemplos extremos, em países asiáticos como o Japão e Estados americanos como a Califórnia, nos quais o PIB cresceu por uma sequência de anos sem que tivesse sido observado aumento no consumo de eletricidade.

Isso comprova que o crescimento da atividade econômica e da população não implica em proporcional crescimento da demanda por energia elétrica, ao contrário da tradicional justificativa dada pelos mais recentes governos para investir em grandes obras hidrelétricas, por exemplo, ou em usinas térmicas e nucleares. Para o Brasil, a projeção é que o amadurecimento da demanda de energia elétrica do país, o aumento de eficiência em processos produtivos e a transição do perfil da economia nacional estabilizem a elasticidade na década final da análise em um valor mais próximo das economias desenvolvidas, entre 0,7 e 0,8.

No cenário traçado, supõe-se que, no período de 2010 a 2020, o crescimento de eletricidade acompanha o do PIB em proporção igual, ou seja, elasticidade igual a 1. Assume-se tal valor, acima da média recente mundial, partindo da expectativa de que o Brasil ainda passará por intenso crescimento e urbanização até caminhar gradualmente para níveis de consumo mais maduros.

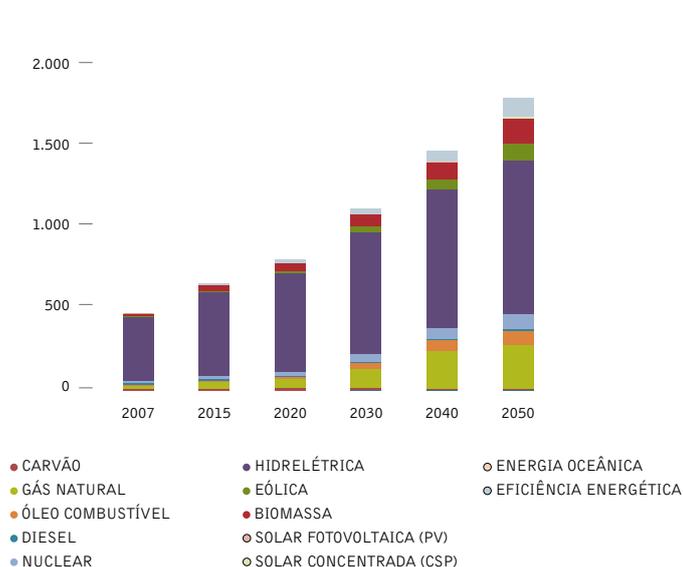
Para a década de 2020, considera-se que os processos produtivos se tornam gradualmente mais eficientes e há uma mudança de perfil de distribuição de setores produtivos no país, com a redução de indústrias eletrointensivas e de base e o investimento naquelas que produzam mercadorias com alto valor agregado. Com isso, o crescimento de eletricidade equivale a 90% do crescimento do PIB, ou elasticidade igual a 0,9.

tabela 3: projeção do crescimento do PIB e elasticidade para cada década

	2010-2015	2015-2020	2020-2030	2030-2040	2040-2050
Crescimento anual do PIB (%)	4	4	3,8	3,5	2,5
Elasticidade (%PIB / % consumo de energia)	1	1	0,9	0,85	0,8

Na década de 2030, a previsão é de crescimento médio do PIB em 3,5%. A eletricidade acentuará sua tendência de otimização em relação ao PIB, acompanhando esse crescimento em 85%. Por fim, na década de 2040, o PIB deve crescer a uma média mais moderada – 2,5% ao ano, acompanhando a estabilização do crescimento populacional. O consumo proporcional de eletricidade será menor, de 80%, ou elasticidade igual a 0,8, consolidando a evolução dos setores econômicos nacionais em direção ao comportamento produtivo das economias desenvolvidas.

gráfico 3: evolução da geração de eletricidade no cenário de referência (em TWh)



evolução do consumo final de energia elétrica

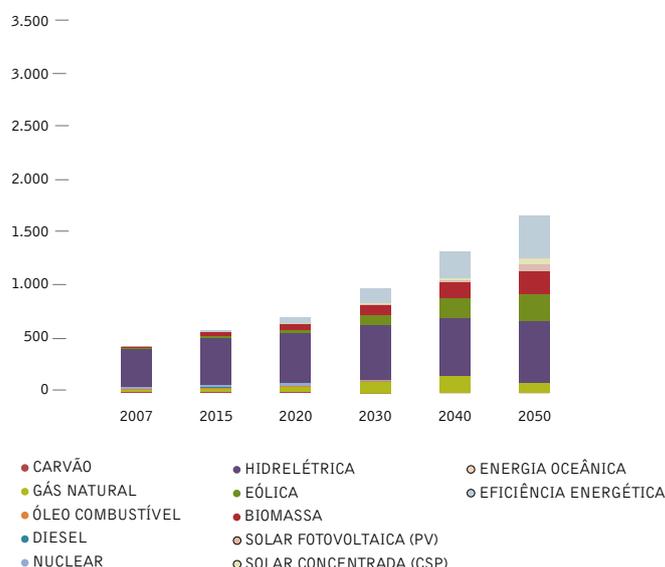
Aumentar consideravelmente a eficiência energética é um pré-requisito para vencer o desafio de triplicar a matriz elétrica brasileira até 2050, a fim de atender ao crescimento econômico e populacional e, ao mesmo tempo, diversificá-la, mantendo sua característica renovável. Na grande maioria dos casos, ao levar em consideração a cadeia energética completa, custa menos adotar medidas de eficiência do que investir em mais geração. Investir em eficiência ajuda ainda a atender ao crescimento de demanda durante a fase inicial de implantação de novas tecnologias renováveis no mercado, como eólica, biomassa e solar.

evolução da geração de eletricidade

Em 2050, cerca de 92% da eletricidade produzida no país pode vir de energias renováveis. A capacidade instalada desse tipo de energia pode crescer mais de três vezes nos próximos 40 anos, passando dos atuais 107 mil MW para 333 mil MW em 2050.

O gráfico 4 mostra a evolução dessas tecnologias até o meio do século. Até 2030, biomassa e hidrelétrica, representada por PCHs e usinas eficientes, puxarão o crescimento das renováveis. Após 2030, o crescimento mais acentuado de eólica e biomassa passa a ter como

gráfico 4: evolução da geração de eletricidade no cenário revolução energética (em TWh)



complemento a evolução da energia solar fotovoltaica e heliotérmica (CSP). A geração de energia no mar terá início com eólicas offshore e também, mais tarde, com energia oceânica.

As projeções do cenário Revolução Energética são baseadas na experiência recente do mercado internacional. A indústria fotovoltaica, por exemplo, teve uma taxa média de crescimento anual de 35% entre 1998 e 2008 e a eólica, 30% no mesmo período. Cenários produzidos recentemente pela IEA para esses dois tipos de energia indicam que seu potencial de implantação no Brasil é grande. É importante ressaltar que esses números consideram apenas parte do potencial teórico das fontes renováveis. O cenário Revolução Energética usa pouco mais de 10% do potencial eólico e menos de 1% do solar disponível em seu território.

cenário 2007-2010

Pelo cálculo do cenário de referência, com dados do Ministério de Minas e Energia, o aumento do consumo final de eletricidade no Brasil será de mais de três vezes em pouco mais de 40 anos (445 TWh em 2007 a 1.442 TWh em 2050). No cenário da Revolução Energética, esse crescimento é reduzido. O consumo final de eletricidade atinge 1.197 TWh em 2050, ou cerca de 17% menos do que no cenário de referência.

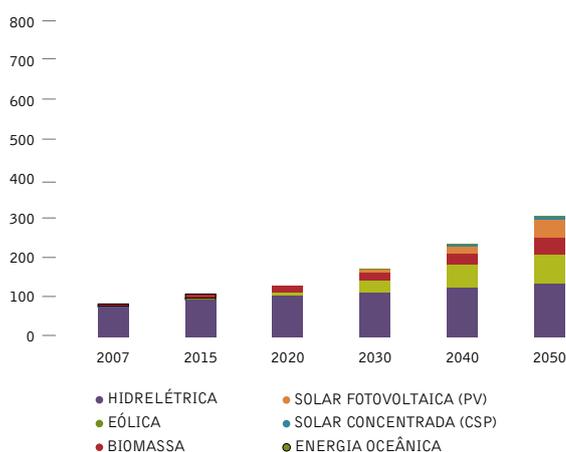
Medidas de eficiência energética têm potencial para reduzir o consumo em 415 TWh por ano, o que adia a necessidade de aumento de parte da capacidade instalada. Tal redução progressiva do consumo é alcançada por meio do uso de equipamentos elétricos eficientes em todos os setores, conscientização da sociedade para usar racionalmente a eletricidade e gerenciamento da demanda, a fim de deslocar picos de utilização simultânea e intensa de energia.

cenário de referência 2050

No ano de 2007, a matriz elétrica nacional era composta da seguinte forma: 84% por hidrelétricas, 4,4% por gás natural, 3,9% por biomassa, 3,1% por diesel e óleo combustível, 2,8% por nuclear, 0,3% por carvão e 0,1% por eólica.

Para 2050, o cenário de referência prevê a geração de 1.582 TWh, distribuídos de acordo com o gráfico 7. Nessa projeção, a participação das energias renováveis é de 79,3% e a contribuição da eficiência energética reduz em 6,8% do consumo final. A geração hidrelétrica responde por 61,8%, gás natural por 17,5%, biomassa, 9,7%, eólica, 6,9%, nuclear, 5,8%, óleo combustível e diesel, 6,5% e carvão, 0,2%.

gráfico 5: projeção da capacidade instalada de energias renováveis no cenário revolução energética (em GW)



cenário revolução energética 2050

De acordo com as projeções do cenário Revolução Energética, em 2050, 92,7% da eletricidade produzida no Brasil será proveniente de fontes renováveis (1.200 TWh/ano) e a economia por meio de eficiência energética será de 26% (415 TWh).

Nesse cenário ficam de fora termelétricas a óleo combustível, carvão e usinas nucleares – a geração de energia fóssil é restrita ao gás natural, combustível menos poluentes dentre essas opções, com 7,3% de participação na matriz elétrica. A hidrelétrica fica restrita a pequenas centrais, à repotenciação e ao aproveitamento de usinas existentes e passa a responder por 45,6% da geração total. Diferentes tipos de biomassa geram 16,7%, energia eólica na costa e offshore contribui com 20,4%, a geração solar por painéis fotovoltaicos e usinas heliotérmicas chega a 9,2% e a energia oceânica tem participação de 0,7%.

A evolução da geração de eletricidade entre as décadas para os cenários de referência e de Revolução Energética pode ser vista no gráfico 9. O crescimento da geração e da capacidade instalada de energias renováveis no cenário Revolução Energética pode ser visto nas figuras a seguir.

gráfico 6: geração total de eletricidade - cenário referência 2007 (em %)

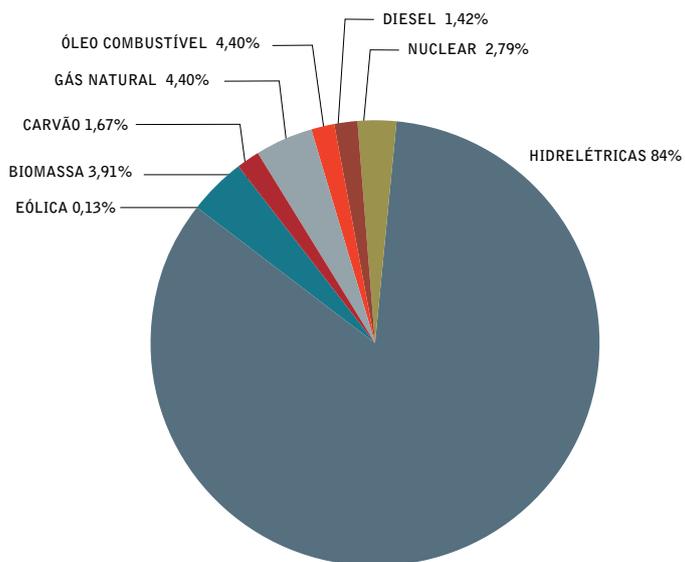


gráfico 8: geração total de eletricidade - cenário revolução energética 2050 (em %)

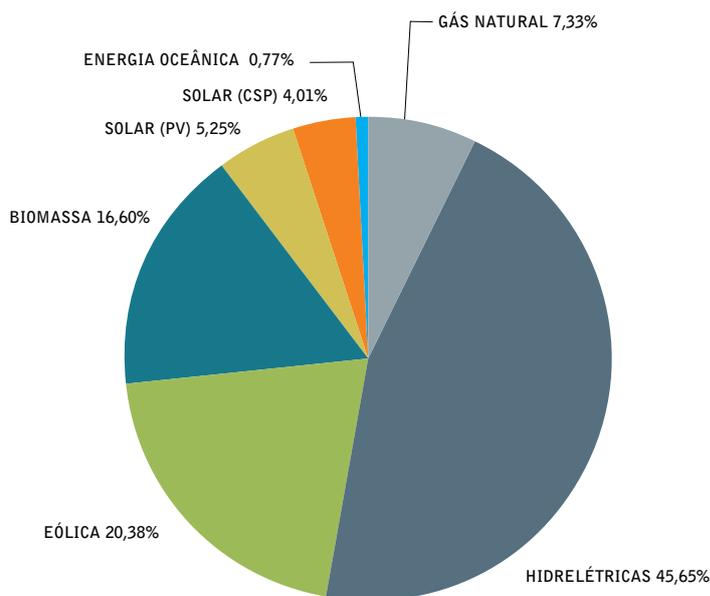


gráfico 7: geração total de eletricidade - cenário referência 2050 (em %)

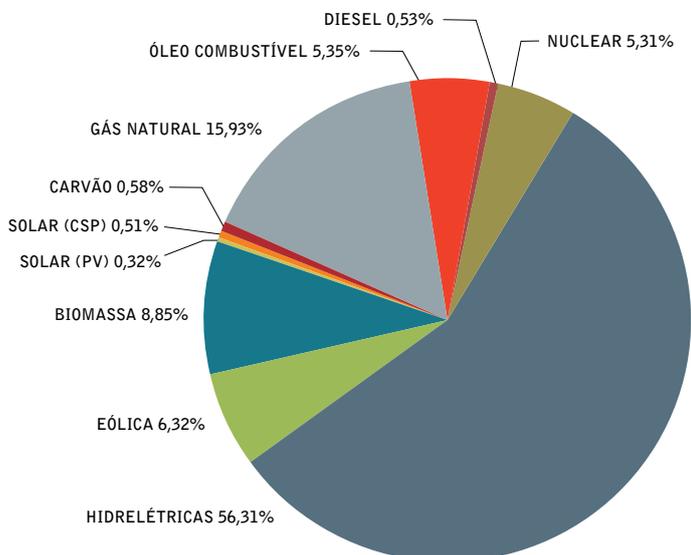


gráfico 9: crescimento da geração de energias renováveis no cenário revolução energética (em TWh)

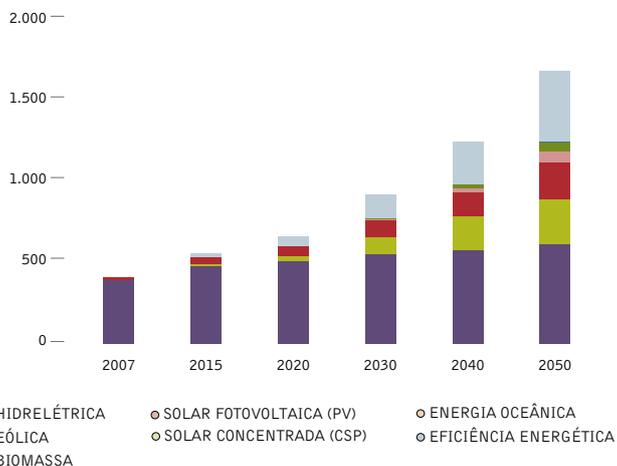


tabela 4: projeção da capacidade instalada de energias renováveis no cenário revolução energética (em GW)

	2007	2015	2020	2030	2040	2050
Hidrelétrica	77,6	94,7	105,1	113,8	126	135
Eólica	0,2	4,5	8,1	28,5	56,9	75,4
Biomassa	6,4	10,2	16,0	21,7	29,9	42,4
Solar fotovoltaica (PV)	0,0	0,0	0,3	6,1	17,3	43,1
Solar concentrada (CSP)	0,0	0,0	0,0	1,5	4,0	8,7
Energia oceânica	0,0	0,0	0,0	0,7	1,7	3,3
Total	84,3	109,3	129,5	172,3	235,7	308

o mapa da revolução energética

A capacidade instalada de tecnologias renováveis pode crescer de 84 mil MW em 2007 para 308 mil MW em 2050. Aumentar a capacidade renovável em mais de três vezes nos próximos 40 anos exige investimento da iniciativa privada, interesse do consumidor e apoio governamental por meio de instrumentos políticos bem definidos.

O Brasil conta atualmente com um sistema de leilão para ampliar a participação de energia renovável, mas sem que sua realização tenha regularidade ou seja obrigatória. Para criar efetivamente um mercado de energias renováveis modernas é preciso criar uma política com pacotes de incentivos mais abrangentes e ambiciosos.

Para viabilizar economicamente o crescimento das energias renováveis modernas, é extremamente importante uma introdução equilibrada e coordenada de todas as tecnologias disponíveis. Como o setor energético trabalha com ciclos longos de investimentos, as decisões para reestruturar o sistema de oferta devem ser tomadas imediatamente. Esse movimento depende tanto de aspectos técnicos e econômicos como de políticas públicas.

O cenário Revolução Energética propõe:

- Eliminação da tecnologia nuclear e redução da utilização de combustíveis fósseis mais poluentes para a geração de eletricidade. Como compensação, ampliação de fontes renováveis como eólica e biomassa e novas e eficientes usinas a gás operando em ciclo combinado. O gás ocupa um papel importante na transição da matriz elétrica atual para uma estruturada em torno das

tecnologias renováveis sustentáveis, com tendência a reduzir sua participação após 2040.

- Permanência da energia hídrica como maior fonte para a produção de eletricidade no país, ainda que com participação reduzida na matriz. Devido a preocupações ambientais, o crescimento da energia hídrica vem de pequenas centrais hidrelétricas sustentáveis, ou por meio de projetos para tornar mais eficientes as usinas existentes. A geração hidrelétrica cresce moderadamente nas próximas décadas e sua participação é reduzida de 84% em 2007 para 45,6% em 2050.
- Incremento do uso de biomassa, chegando a 16,7% de participação na matriz elétrica até 2050. O aumento da parcela de biomassa na matriz se dá pela utilização de diferentes culturas além da cana-de-açúcar para geração e cogeração de eletricidade, tais como o aproveitamento de resíduos animais e de biocombustíveis e óleos in natura para a geração em sistemas isolados. A utilização e a expansão desse recurso são acompanhadas de salvaguardas socioambientais.
- Energia eólica como a renovável de maior expansão, produzindo 264 TWh/ano, ou 20,4% da matriz elétrica. Esse aproveitamento inclui a participação de eólicas offshore já a partir da segunda metade do horizonte de análise, em 2030.
- Ampliação da indústria de painéis solares fotovoltaicos, que iniciam sua participação na matriz de forma modesta, mas chegam em 2050 com uma geração anual de 68 TWh/ano, ou 4,2%. Essa geração vem tanto de sistemas solares de grande porte quanto da geração descentralizada em áreas urbanas e em comunidades isoladas da rede elétrica. A energia solar contribui com a geração de grande porte por meio de usinas heliotérmicas, cuja viabilidade aumenta também a partir de 2030, até atingir uma participação de 4% na geração, com 52 TWh em 2050.
- Utilização de parte da geração intermitente de energia de painéis solares e parques eólicos para alimentar a crescente participação de veículos elétricos no mercado, a começar na próxima década, até atingir uma frota de 18 milhões de veículos, que consumem 36 TWh em 2050.
- Aumento da eficiência energética, que começa com reduções de consumo de 5% para os próximos cinco anos e atinge 16% e 26% de economia nas décadas de 2040 e 2050, respectivamente, com benefícios socioambientais e econômicos. Na cadeia energética completa, a aplicação de medidas de eficiência implica em custos menores do que de investimentos na geração de energia.
- Redução no consumo de eletricidade. Como exemplo, uso de equipamentos elétricos eficientes em todos os setores de consumo, principalmente na indústria, residências e estabelecimentos comerciais, substituição de lâmpadas incandescentes por compactas

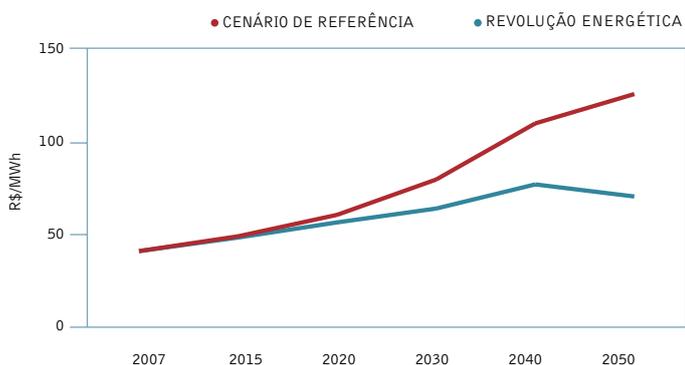
fluorescentes, utilização de refrigeradores mais eficientes e substituição de chuveiros elétricos por modelos que utilizam aquecimento solar de água. Além disso, construção de edifícios com projetos bioclimáticos, que privilegiam a entrada de luz natural e a circulação do ar, reduzindo gastos na iluminação e na refrigeração de ambientes internos.

custos e investimentos futuros de geração elétrica

O gráfico 10 mostra que a adoção de tecnologias renováveis no cenário Revolução Energética aumenta o custo de geração elétrica entre R\$ 90 e R\$ 106/MWh entre 2007 e 2020, subindo a R\$ 127/MWh em 2040 e estabilizando em R\$ 120/MWh em 2050, devido à redução do preço das energias eólica e solar, que respondem por uma parcela significativa da matriz elétrica neste horizonte final. Já o cenário de referência registra um aumento mais salgado do custo médio de geração: até R\$ 110/MWh em 2020, subindo a R\$ 129/MWh em 2030 e alcançando R\$ 176/MWh em 2050.

Uma premissa adotada para elaboração desses custos é que, à medida que as emissões de CO₂ são valoradas, o uso de combustíveis fósseis fica mais caro. Os valores estimados para as emissões de CO₂ variam de R\$ 18 a R\$ 90 (de US\$ 15 a US\$ 50) por tonelada de carbono no período de 2010 a 2050.

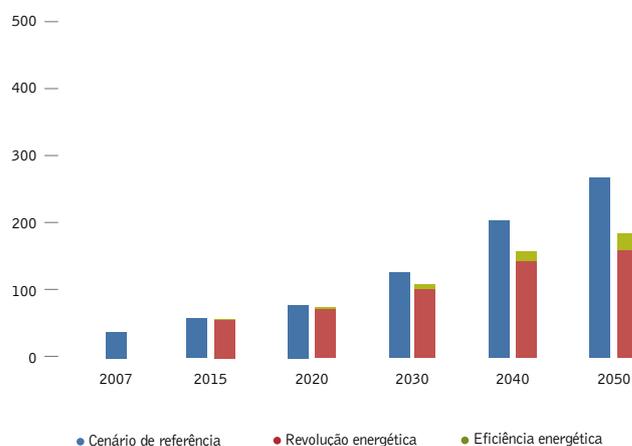
gráfico 10: custo médio de geração de eletricidade



No cenário de referência, o aumento do preço dos combustíveis fósseis resulta em custos anuais de suprimento de eletricidade que chegam a R\$ 266,4 bilhões em 2050, embutida a estimativa de aumento do custo de emissões de CO₂ associado a esses combustíveis. O gráfico 11 mostra que o cenário Revolução Energética é capaz de reduzir esse custo total para pouco mais de R\$ 159 bilhões em 2050 – uma economia de R\$ 107,3 bilhões entre um cenário e outro.

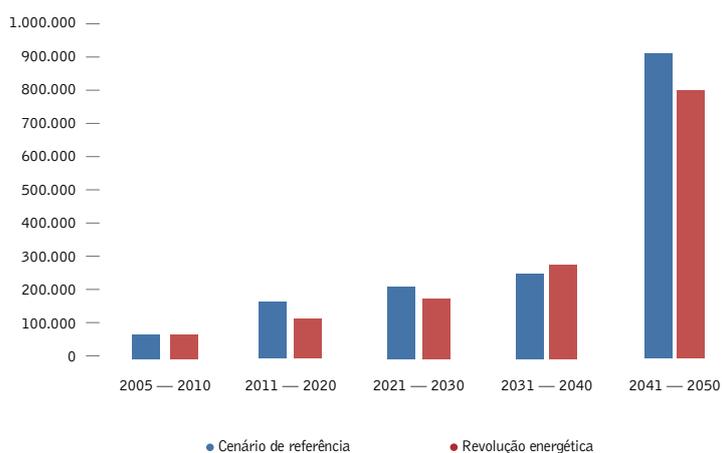
Somados a essa parcela os custos anuais de implementação de medidas de eficiência energética contemplados no cenário Revolução Energética, que chegariam a R\$ 26 bilhões em 2050, a economia final é de R\$ 81,3 bilhões. Essa redução de longo prazo comprova que o aumento da eficiência energética e a mudança da matriz energética para fontes renováveis compensam tanto em termos ambientais quanto econômicos.

gráfico 11: custos totais de geração de eletricidade (em bilhões de R\$)



Quando o assunto são os custos para construção de usinas e sistemas energéticos, a diferença permanece grande. O cenário de referência prevê investimentos totais no setor elétrico de R\$ 995 bilhões entre 2005 e 2050, enquanto no Revolução Energética o investimento é de R\$ 869 bilhões com tecnologias renováveis atuais, considerando a geração eólica e de biomassa, e modernas, a partir de eólicas offshore, energia solar a partir de painéis fotovoltaicos e usinas de concentração (CSP) e energia oceânica.

gráfico 12: investimentos do setor elétrico (em bilhões de R\$)



A economia cresce ainda mais quando são computados os gastos com combustíveis fósseis para cada cenário. Considerando o preço do gás natural e óleo combustível e sua crescente utilização, menos usinas termelétricas e mais renováveis significam poupar R\$ 250 bilhões até 2050. Levada em conta a tendência de aumento de preço do gás natural e óleo combustível ao longo do tempo, esse número chega à cifra de R\$ 1 trilhão no mesmo período.

tabela 5: economia com gastos em combustível no cenário revolução energética (em bilhões de R\$)

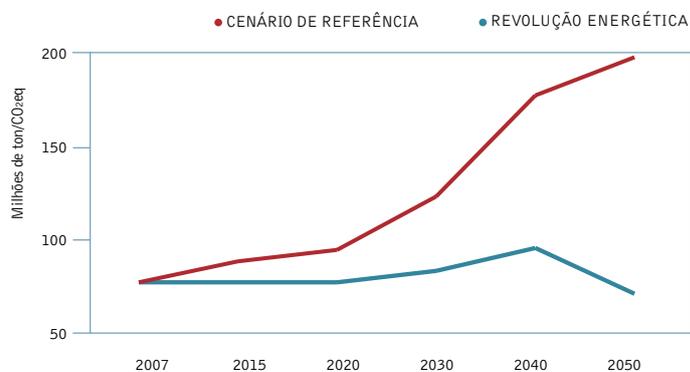
TOTAL ECONOMIZADO NO PERÍODO	2010-2020	2021-2030	2031-2040	2041-2050	Total economizado 2010-2050
Óleo combustível	5	61,4	187,2	301,2	554,8
Gás natural	9,7	29,6	107	309,2	455,5
Carvão	3,6	5,2	5,2	4,8	18,8
Total por década	18,3	96,2	299,4	615,2	1.029,2

evolução das emissões de CO₂

De acordo com o Plano Decenal de Expansão Elétrica 2010-2019, as emissões do setor elétrico devem dobrar na próxima década. A projeção da matriz elétrica no cenário de referência indica que esse valor pode atingir 147 milhões de toneladas até 2050.

Pelo cenário Revolução Energética, as emissões do setor elétrico atingem o pico de 47 milhões de toneladas de CO₂ por ano em 2040 e caem para 23 milhões de toneladas de CO₂ em 2050. Apesar do aumento em mais de três vezes do parque gerador, essa redução é possível graças à substituição das termelétricas pela ampliação do parque de usinas renováveis. O aumento deve satisfazer o crescimento da economia, mas pode ser reduzido após 2050, com menor geração a gás natural, ampliação de solar e oceânica e aumento de ganhos de eficiência energética ao longo do tempo.

gráfico 13: emissões de CO₂ do setor elétrico (milhões de ton/CO₂eq)



empregos renováveis

O potencial de geração de empregos no setor de energias renováveis é enorme, muitos em instalação, operação e manutenção, outros na produção de biocombustíveis. O potencial solar e eólico de países em desenvolvimento também deve gerar um número substancial de vagas. No ano de 2009, aquecimento solar e biomassa na China e no Brasil contribuíram para a criação de parte dos 1,9 milhão de empregos globais.

A tabela 6 é fruto de um estudo do Instituto de Futuros Sustentáveis (ISF), com sede na Austrália, que calcula números indicativos de postos de trabalho que serão criados ou perdidos em cada cenário, mostrando o efeito dos empregos sobre a alteração da matriz elétrica. Os valores são da quantidade de empregos adicionais criados no cenário Revolução Energética até 2050. Parte desses resultados foi publicada no relatório “Trabalhando pelo Clima – Energias Renováveis e a Revolução de Empregos Verdes”, do Greenpeace, tomado como base para esses cálculos.

Os números de ampliação da capacidade instalada de novas usinas do Revolução Energética indicam que, até 2050, 3,62 milhões de empregos serão criados no setor de geração de energia no Brasil, dos quais 3,55 oriundos de atividades de construção, operação e manutenção de sistemas renováveis, bem como da área de programas e ações de eficiência energética – os chamados empregos verdes.

Já os números do cenário de referência indicam a criação de 2,44 milhões de novos empregos no setor de geração de energia, dos quais 2,1 milhões viriam de atividades relacionadas a fontes renováveis e trabalhos com eficiência energética. A diferença entre os números mostra que o setor renovável é capaz de gerar mais empregos para cada unidade de energia produzida.

tabela 6: geração de empregos (em milhares)

	cenário de referência			revolução energética		
	2020	2030	2050	2020	2030	2050
Hidrelétricas	1.404	1.758	2.343	1.211	1.311	1.555
Eólica	58	100	300	85	300	792
Solar (PV)	10	56	117	10	224	1590
Solar concentrada (CSP)	-	4	15	-	13	75
Biomassa	90	119	228	139	189	369
Energia oceânica	-	-	-	-	7	33
Eficiência energética	5	9	25	14	35	102
Gás natural	66	101	174	48	80	95
Óleo combustível	8	25	76	6	7	-
Diesel	11	10	10	4	-	-
Carvão	44	43	36	16	-	-
Nuclear	41	79	157	41	19	-



imagem CÉLULA SOLAR FOTOVOLTAICA EM PRODUÇÃO NA CHINA



© GREENPEACE/SIMON LIM

imagem ARCO-ÍRIS SE FORMA SOBRE O PARQUE EÓLICO EM CHIFENG, NA CHINA. O PARQUE TEM UMA CAPACIDADE INSTALADA DE 49,5MW.

políticas energéticas

INCREMENTAR A PARTICIPAÇÃO DAS RENOVÁVEIS NA GERAÇÃO DE ENERGIA DEPENDE DO AUMENTO DA COMPETITIVIDADE.

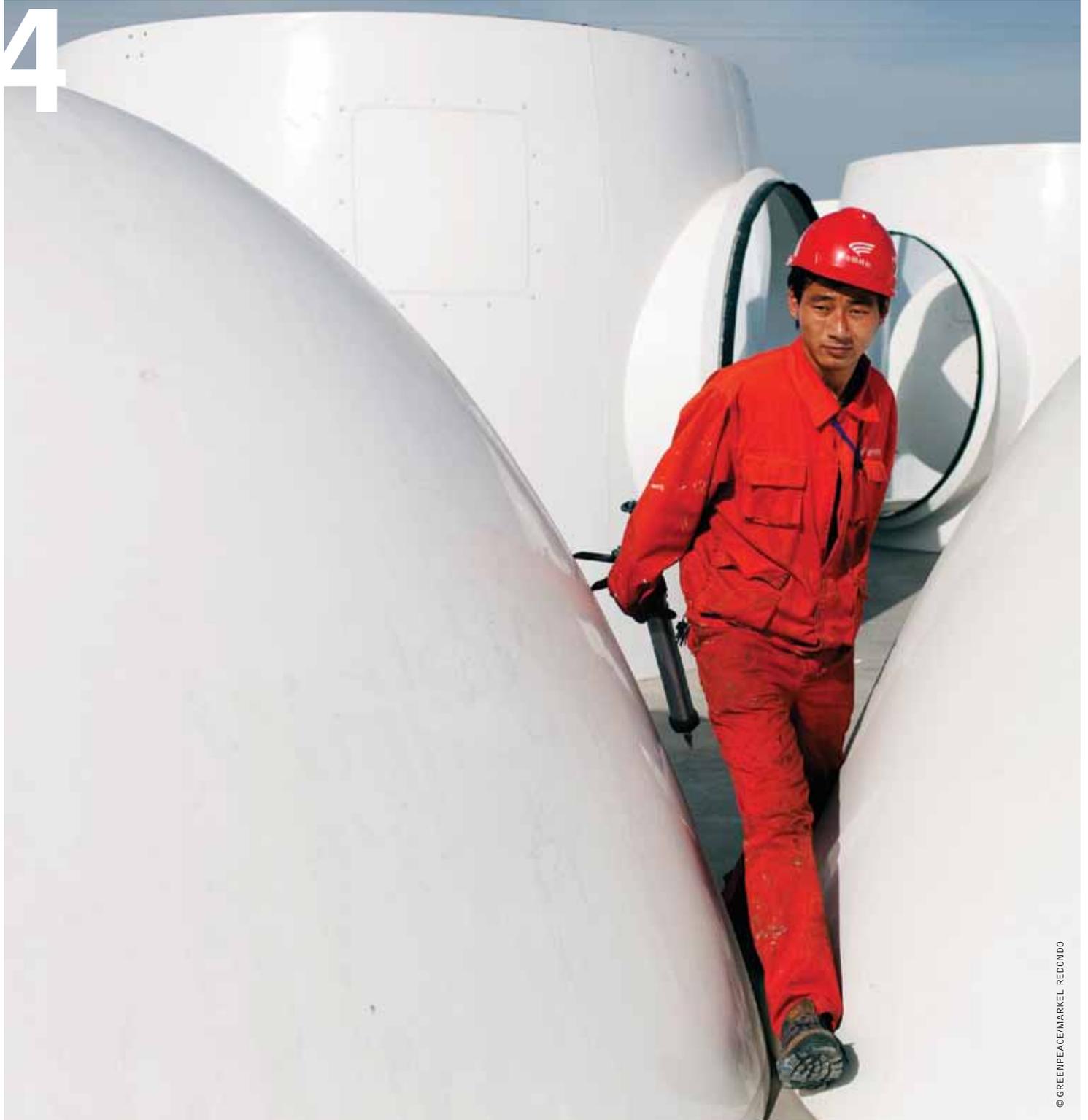


imagem TRABALHADOR ENTRE OS RÓTORES DE UMA TURBINA EÓLICA NA PROVÍNCIA DE GANSU, NA CHINA.

Vive-se uma época de liberalização em escala mundial dos mercados de eletricidade. A geração e a distribuição de energia são responsabilidades de diferentes agentes, que competem entre si pela oferta de serviços economicamente mais atrativos. Incrementar a participação das renováveis na geração de energia do país depende do aumento de sua competitividade.

Décadas de apoio financeiro, político e estrutural às tecnologias convencionais, com distorções nos mercados mundiais de eletricidade, dificultam a entrada das renováveis no mercado. Novos geradores competem com usinas hidrelétricas que produzem a custo baixo, seja pelas condições diferenciadas de financiamento público, seja porque os consumidores e contribuintes já pagaram os juros dos investimentos iniciais.

Tal desenvolvimento exige sérios esforços políticos e econômicos, especialmente por meio de leis que garantam tarifas estáveis por longos períodos. Criar condições de mercado para as renováveis é contribuir para o crescimento econômico sustentável, empregos de alta qualidade, desenvolvimento de tecnologia, competitividade global e liderança industrial e de pesquisas.

barreiras no setor de eletricidade

Entre as barreiras políticas que precisam ser ultrapassadas para que as fontes renováveis e sustentáveis possam responder por uma parcela importante da oferta nacional de energia estão a falta de planejamento de longo prazo em âmbito nacional, regional e local; a baixa previsão, ou a falta de estabilidade de mercados; o financiamento curto à área de pesquisa e desenvolvimento de fontes energéticas e tecnologias; e a pouca ambição no planejamento de uma rede elétrica integrada.

reformas necessárias para derrubar barreiras:

- Planejamento integrado e uniforme de recursos, visando à minimização de impactos e custos energéticos dos pontos de vista econômico, social e ambiental;
- Preço justo e transparente para a energia em toda a rede, com reconhecimento e remuneração para os benefícios da geração distribuída;
- Esclarecimento sobre a composição de matrizes energéticas e de seus impactos socioambientais, de modo a possibilitar que os consumidores façam uma opção consciente das fontes energéticas;
- Estabelecimento de tarifas de eletricidade progressivas para que o preço do kWh custe mais para quem consome mais – e não o contrário;

- Gerenciamento da demanda com o objetivo de limitá-la em horário de pico e maximizar a operação de sistemas de geração, para evitar que eles fiquem ociosos em parte do tempo, ou que novas usinas sejam construídas apenas para atender a esse horário;
- Tarifas energéticas que reflitam os impactos socioambientais da geração e da transmissão de energia.

demandas para o setor de políticas energéticas

Para o Greenpeace, é preciso elaborar políticas de incentivo à diversificação e à ampliação das renováveis na matriz elétrica. Tal agenda inclui:

- Eliminar todos os subsídios para as energias fóssil e nuclear;
- Incorporar os impactos ambientais e sociais aos custos da energia, a fim de revelar os verdadeiros preços da geração fóssil e nuclear;
- Priorizar sistemas e usinas de energias renováveis no acesso à rede elétrica;
- Estabelecer uma política ou marco regulatório para o desenvolvimento de novas formas de energia renovável;
- Estipular rigorosos padrões de eficiência para todos os equipamentos elétricos, edifícios e veículos;
- Financiar fundos de pesquisa e desenvolvimento para renováveis e eficiência energética.

mecanismos de incentivo para renováveis

O incentivo financeiro às renováveis é necessário para equiparar as forças de mercado entre essas e as fontes convencionais. Os preços mais altos refletem o valor dos investimentos em nova capacidade e algumas tecnologias que ainda precisam de ganhos de escala para se tornarem mais baratas.

Entre os desafios que as renováveis enfrentam estão a falta de infraestrutura e de planejamento de transmissão de energia para fontes de grande escala (usinas de cogeração a biomassa e parques eólicos offshore, por exemplo), redes de distribuição deficientes ou inexistentes, não reconhecimento dos benefícios da geração distribuída e excesso de exigências e burocracia das distribuidoras em permitir o acesso das renováveis às redes.

De modo geral, há dois tipos de incentivos para promover a energia renovável: os sistemas de preço fixo e os sistemas de cotas de renováveis, chamado de modelo de portfólio renovável nos Estados Unidos.

sistemas de preços fixos

O governo determina o preço da eletricidade pago aos geradores e deixa o mercado estabelecer a quantidade de energia que será instalada. Esse sistema inclui subsídios em investimentos, tarifas fixas feed-in, sistemas de recompensa prefixada e créditos de impostos.

Os **subsídios em investimento** são incentivos a usinas por meio de melhores condições de financiamento para sua construção, desoneração fiscal, isenção de encargos ou tarifação especial da energia gerada, geralmente feitos com base na potência avaliada do gerador (em kW ou MW), ou em seu valor de produção de eletricidade.

Nas **tarifas feed-in**, os geradores recebem um preço fixo por cada kWh de eletricidade enviado à rede. O custo adicional do sistema é assumido por toda a cadeia, dos consumidores de eletricidade às concessionárias, geralmente obrigadas a comprar toda a produção de energia das usinas ou sistemas de energia renovável.

O preço pago varia de acordo com a maturidade relativa das tecnologias e é reduzido ano a ano, refletindo a queda de custos. A garantia de contratos longos, de 15 a 20 anos, sinaliza baixo risco para investidores. As feed-in são amplamente adotadas em mais de 60 países da Europa e Ásia, além dos Estados Unidos, e têm sido extremamente bem-sucedidas na expansão das energias eólica e solar no mundo.

Créditos em impostos, praticados nos Estados Unidos e no Canadá, oferecem descontos nos impostos proporcionais a cada kWh produzido. O mercado americano tem sido movido por créditos de impostos de produção (PTC, na sigla em inglês), em função da energia gerada, reajustados anualmente pela inflação.

sistemas de cotas

O governo dita a quantidade de energia renovável que será instalada e deixa o mercado determinar o preço. Dois tipos são empregados hoje: sistemas de leilões e sistemas de certificados verdes.

Os **leilões** são competições de ofertas de tarifas mais baixas para construir e operar um projeto específico. Esse sistema foi usado para promover a energia eólica em países como Reino Unido e China e, mais recentemente, no Brasil. O aspecto negativo da experiência internacional é que os investidores podem fazer lances com valores baixos para ganhar o contrato, mas não construir o projeto. No Brasil, a adoção de medidas de renúncia fiscal e a redução de

impostos de importação de equipamentos possibilitaram a oferta de preços competitivos nos leilões de eólicas e de energias renováveis, permitindo a contratação expressiva de 1.805 MW em projetos em 2009 e outros 2.892,2 MW em 2010.

Sistemas de certificados verdes (TGC, na sigla em inglês) oferecem uma espécie de selo verde para cada kWh gerado por um produtor renovável. O valor desses certificados comercializáveis é adicionado ao preço da eletricidade. Entre os países que adotaram esse sistema figuram Reino Unido, Suécia e Itália, na Europa, e diferentes Estados norte-americanos.

panorama atual de políticas para energias renováveis no Brasil

Em paralelo aos leilões de energia, uma Comissão Especial de Energias Renováveis na Câmara dos Deputados avalia uma nova legislação para o Brasil. Já foram analisados 19 projetos de lei e um texto final foi produzido em julho de 2009, resultando no PL 630/03. O Greenpeace contribuiu para a construção desse texto, na proposta de estabelecimento de uma tarifa feed-in para aerogeradores, cogeração a biomassa, pequenas centrais hidrelétricas e painéis solares fotovoltaicos, em perfis de geração entre 50 kW e 1.000 kW.

Consta do PL 630/03 que a microgeração de energia solar em empreendimentos inferiores a 50 kW deverá ser remunerada a partir de valores acima dos R\$ 700/MWh, próximos aos da tarifa feed-in. Para a geração de grande porte em parques eólicos, centrais de cogeração e pequenas centrais hidrelétricas foi prevista, no artigo 2 do substitutivo, a realização de leilões anuais de quantidade mínima de 600 MW médios de eólica, biomassa e pequenas centrais hidrelétricas (pelo menos 200 MW médios para cada fonte por ano).

O texto propõe ainda a isenção total de custos de transmissão e distribuição de sistemas de geração distribuída e microgeração, assim como a dedução de impostos relativos à aquisição de equipamentos de geração renovável. Por fim, é sugerida a criação de um fundo para pesquisa e desenvolvimento de renováveis, de grande importância para a evolução tecnológica no Brasil.

Porém, a aprovação da lei está ameaçada. O projeto passou na Comissão Especial e espera votação em plenário na Câmara dos Deputados desde o final de 2009, sem prazo definido. Considerando a redução dos trabalhos legislativos em razão das eleições em 2010 e a transição de governo após as eleições, é possível que o país tenha de esperar ainda mais até a aprovação de um marco regulatório capaz de desenvolver o mercado de energias renováveis.



© GREENPEACE/MARKEL REDONDO

imagem TORRES EÓLICAS NA PROVÍNCIA DE GANSU, NA CHINA. O PAÍS TEM COMO META QUE 15% DO SEU CONSUMO SEJA SUPRIDO POR FONTES RENOVÁVEIS ATÉ 2020.

anexos

tabela 7: geração de eletricidade no Brasil, no cenário revolução energética (em TWh)

fonte	2007	2015	2020	2030	2040	2050
Geração Total	445	583	665	864	1108	1295
- Carvão	7	6	5	0	0	0
- Gás natural	20	31	51	107	162	95
- Óleo combustível	8	9	6	5	0	0
- Diesel	6	7	6	0	0	0
- Nuclear	12	22	22	10	0	0
- Hidrelétricas	374	456	488	528	552	591
- Eólica	1	13	25	103	199	264
- Solar fotovoltaica (PV)	0	0	0	8	25	68
- Biomassa	17	39	62	95	145	215
- Solar concentrada (CSP)	0	0	0	6	20	52
- Oceânica	0	0	0	2	5	10
Importação	41	38	40	41	45	48
Exportação	2	4	5	6	9	11
Perdas de distribuição	71	82	89	91	103	111
Consumo próprio	17	19	18	18	16	14
Consumo elétrico final	395	517	593	787	1020	1197
Energia renovável flutuante (eólica, solar)	1	13	25	113	229	342
Participação de renováveis flutuantes	0,1%	2,2%	3,8%	13,0%	20,7%	26,4%
Participação de renováveis	88,0%	87,1%	86,5%	85,9%	85,4%	92,7%
Eficiência energética (comparado ao cenário de referência)	0	25	61	139	254	415

tabela 8: emissões de CO₂ no cenário revolução energética (em milhões de toneladas por ano)

fonte	2007	2015	2020	2030	2040	2050
Usinas termelétricas	29	29	29	33	44	20
- Carvão	11	7	5	0	0	0
- Gás natural	9	12	16	30	44	20
- Óleo combustível	5	6	4	3	0	0
- Diesel	4	5	4	0	0	0



imagem JOVENS OBSERVAM GERAÇÃO DE CALOR COM ENERGIA SOLAR.

tabela 9: capacidade instalada, no cenário revolução energética (em GW)

fonte	2007	2015	2020	2030	2040	2050
Geração total	445	583	665	864	1108	1295
- Carvão	1	1	1	0	0	0
- Gás natural	9	11	12	21	30	25
- Óleo combustível	1	2	2	2	0	0
- Diesel	2	2	1	0	0	0
- Nuclear	2	3	3	1	0	0
- Hidrelétricas	78	95	105	114	126	135
- Eólica	0	4	8	29	57	75
- Solar fotovoltaica (PV)	0	0	0	6	17	43
- Biomassa	6	10	16	22	30	42
- Solar concentrada (CSP)	0	0	0	2	4	9
- Oceânica	0	0	0	1	2	3
Energia renovável flutuante (eólica, solar)	0	4	8	35	76	122
Participação de renováveis flutuantes	0,2%	3,5%	5,6%	18,0%	28,5%	36,7%
Participação de renováveis	88,0%	87,1%	86,5%	85,9%	85,4%	92,7%

tabela 10: investimentos totais, por década, no cenário de referência (em milhões de R\$)

	2005-2010	2011-2020	2021-2030	2031-2040	2041-2050
- Carvão	676	4.448	1.132	1.039	2.889
- Gás natural	2.692	7.935	9.987	12.354	9.648
- Óleo combustível	893	2.662	6.467	7.557	7.266
- Diesel	2.715	4.094	978	449	533
- Nuclear	2.676	7.678	18.313	22.338	39.690
- Biomassa	3.348	6.043	8.170	16.551	20.928
- Hidrelétricas	64.309	132.717	126.244	130.085	147.296
- Eólica	1.549	7.357	6.344	17.091	20.922
- Solar fotovoltaica (PV)	0	1.395	2.072	1.261	2.385
- Solar concentrada (CSP)	0	0	3.018	5.310	3.358

tabela 11: investimentos totais, por década, no cenário revolução energética (em milhões de R\$)

	2005-2010	2011-2020	2021-2030	2031-2040	2041-2050
- Carvão	676	909	574	1.237	0
- Gás natural	2.692	2.384	8.051	6.824	9.648
- Óleo combustível	979	1.864	2.142	562	160
- Diesel	2.545	3.164	0	0	0
- Nuclear	2.676	7.678	0	0	0
- Biomassa	3.348	3.627	9.082	17.645	28.724
- Hidroelétricas	64.309	85.597	60.525	14.692	35.012
- Eólica	1.549	13.016	31.399	52.618	58.544
- Solar fotovoltaica (PV)	0	837	11.355	14.692	35.012
- Solar concentrada (CSP)	0	0	9.914	15.141	32.406
- Oceânica	0	155	2.222	2.810	4.871

A caminhada sustentável



GREENPEACE

O Greenpeace é uma organização global e independente que promove campanhas para defender o meio ambiente e a paz, inspirando as pessoas a mudarem atitudes e comportamentos. Nós investigamos, expomos e confrontamos os responsáveis por danos ambientais.

Também defendemos soluções ambientalmente seguras e socialmente justas, que ofereçam esperança para esta e para as futuras gerações e inspiramos pessoas a se tornarem responsáveis pelo planeta.

A produção deste relatório só foi possível graças à colaboração de milhares de pessoas. O Greenpeace só aceita doações de pessoas físicas e não arrecada dinheiro com partidos políticos, empresas ou governos. Por isso a sua participação é tão importante. No Brasil, contamos com a doação de cerca de 35 mil pessoas. Junte-se a nós!

Para saber mais acesse o site.

greenpeace brasil
Rua Alvarenga, 2.331
Butantã, São Paulo, SP
05509-006
t. +55 11 3035.1155
www.greenpeace.org.br