

A tecnologia CSP inclui quatro variantes: Calha Parabólica (CP), Refletor Fresnel (RF), Torre Solar (TS) e Disco Solar (DS). Enquanto as plantas CP e RF concentram os raios do sol em uma linha focal e atingem temperaturas operacionais entre 300 e 550 ° C, as plantas TS e DS concentram a luz do sol em um único ponto focal, e atingem temperaturas mais altas. Os espelhos refletores podem ser móveis ou fixos, e em conjunto ou não com os pontos focais.

Atualmente, a tecnologia de calha parabólica é a mais madura e dominante. Nas plantas, o óleo sintético ou sal fundido são usados para transferir o calor solar para um gerador de vapor.



O custo da instalação CSP é geralmente maior do que o custo da FV. Os preços das instalações estão entre R\$ 350,00 e R\$ 650,00/MWh, a depender da tecnologia e das horas de armazenamento. Para 2020, se espera que os custos possam diminuir de 30% a 50%.



Expansão Mundial

Em um cenário moderado, da Agência Internacional de Energia (IEA), a energia solar poderia responder por cerca de 11% da oferta mundial de energia elétrica em 2050, algo próximo de 5.000 TWh. A área coberta pelas instalações seria de 8 mil km² (300 W/m² e FC de 25%), equivalente a um quadrado de 90 km de lado.

A proporção da geração solar na geração total e o comércio, por região, são mostrados na tabela abaixo. O norte da África exportaria para a Europa, e a Ásia Central exportaria para a China e Rússia.

Países	2020	2050
Austrália, parte da Ásia Central, Chile, Índia (Gujarat e Rajasthan), México, Oriente Médio, Norte da África, Peru, África do Sul, Estados Unidos (sudeste)	5%	40%
Estados Unidos (área restante)	3%	20%
Europa (importação) e Turquia	3%	15%
África (restante), Argentina, Brasil e Índia (restante)	1%	15%
Indonésia (importação)	0,5%	7%
China, Rússia (importação)	0,5%	4%

No aquecimento direto (sem geração elétrica), o montante poderia chegar a mais de 400 Mtep, ou 2% da energia mundial de 2050.

Núcleo de Estudos Estratégicos de Energia - SPE/MME
www.mme.gov.br / n3e.spe@mme.gov.br
 (55 61) 2032 5967 / 5226

Energia Solar no Brasil e Mundo

Ano de referência - 2014

Edição: 16/12/2015

Tipos de Aproveitamentos

Os aproveitamentos da energia solar mais representativos, realizados pelo homem, são: o chamado aproveitamento fotovoltaico (FV), que converte a luz do sol em energia elétrica; o aproveitamento da luz solar por concentração (CSP – Concentrating Solar Power), que produz calor para uso direto ou geração de energia elétrica e; o aproveitamento por meio de coletores, que realizam o aquecimento direto da água e/ou de ambientes a partir da luz do sol.

No caso da conversão fotovoltaica da luz solar, pode ser aplicada em pequenos sistemas autônomos, em geral geração distribuída - GD, e em grandes centrais, que empregam energia solar, de modo centralizado. O aproveitamento por concentração (CSP) é mais apropriado para grandes centrais.



Leilões de Geração Centralizada

Em 2014 houve a primeira contratação de energia solar de geração pública centralizada, de 890 MW, ao preço médio de R\$ 215,50 (US\$ 88,20, pelo câmbio do dia do leilão). Em 2015, mais dois leilões foram realizados, totalizando 2.653 MW contratados, com início de suprimento em 2017 e 2018. Os leilões foram realizados na modalidade de “energia de reserva”, e com o objetivo de promover o uso e o desenvolvimento da indústria solar no Brasil.

Leilões de Geração Solar

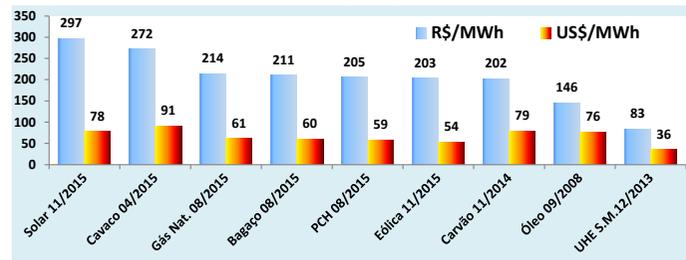
Mês/Ano	Projetos Contratados	Capacidade Instalada (MW)	Energia Contratada (MWe)	Início de Suprimento	Período Contratado (anos)	Preço de Venda (R\$/MWh)	Preço de Venda (US\$/MWh)
10/2014	31	890	202	2017	21	215,5	88,2
08/2015	30	834	232	2017	21	301,6	84,3
11/2015	33	929	245	2018	21	297,4	78,2
Total	94	2.653	679				



MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME
 SECRETARIA DE PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO ENERGÉTICO
 NÚCLEO DE ESTUDOS ESTRATÉGICOS DE ENERGIA

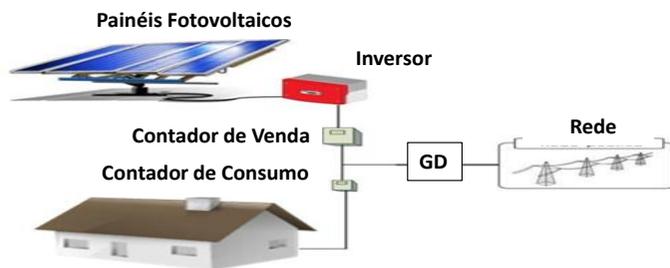
Em Reais, a geração solar apresenta o maior valor, em se considerando o preço médio do último leilão de cada fonte de energia. Em dólares (câmbio do dia do leilão), os preços de cavaco e do carvão mineral superam o da energia solar.

Preços Médios de Leilões de Geração, por Fonte – último leilão



Geração Distribuída (GD)

Pode ser definida como a geração de energia elétrica próxima ao local de consumo, ou no próprio estabelecimento consumidor. Em 2012, a ANEEL aprovou duas Resoluções Normativas, a nº 482 e a nº 517, que estabelecem as condições gerais para o acesso da microgeração e energia elétrica, além do sistema de compensação de energia elétrica (net metering), atualmente em uso, em diversos países.



A energia excedente é cedida à distribuidora local, e posteriormente compensada com o consumo de energia elétrica dessa mesma unidade consumidora, ou de outra unidade consumidora de mesma titularidade. O saldo positivo de um mês poderá ser utilizado para abater o consumo em outro posto tarifário, ou na fatura do mês subsequente. Os créditos de energia gerados continuam válidos por 60 meses. Há ainda a possibilidade do consumidor utilizar esses créditos em outra unidade, desde que as duas unidades consumidoras estejam na mesma área de concessão e sejam do mesmo titular.

O processo promove apenas a troca de kWh entre o consumidor-gerador e a distribuidora, não envolvendo a circulação de dinheiro.

A partir de 1º de março de 2016, será permitido o uso de qualquer fonte renovável para a micro e mini geração distribuída. Acima de 75 kW e até 5 MW será minigeração (sendo 3 MW, para fonte hídrica). De 75 kW para baixo será microgeração distribuída. Se enquadraram nestas modalidades os Imóveis individuais, condomínios, cooperati-

Geração Solar por País (%)

nº	País	1990	2000	2010	2012	2013	2014
1	Alemanha	0,3	6,2	37,3	27,3	23,1	18,8
2	China	0,5	2,0	3,0	6,6	11,5	15,7
3	Itália	1,0	1,8	6,1	19,5	16,1	12,7
4	Japão	0,3	27,5	10,5	6,3	7,9	10,4
5	Estados Unidos	95,9	48,5	3,9	4,5	6,8	10,0
6	Espanha	1,5	1,7	22,6	12,4	9,4	7,3
7	França	-	0,5	1,6	4,2	3,5	3,2
8	Austrália	-	4,6	3,1	2,5	2,9	2,4
9	Grécia	-	-	0,5	1,8	2,7	2,4
10	Índia	-	0,7	0,8	1,4	2,1	2,4
11	Inglaterra	-	0,1	0,1	1,4	1,5	2,1
12	Bélgica	-	-	1,8	2,2	2,0	1,7
13	Coreia do Sul	-	0,5	2,5	1,1	1,2	1,3
14	Rep. Tcheca	-	-	2,0	2,2	1,5	1,1
15	Tailândia	-	-	0,1	0,5	0,6	0,8
	Outros	0,5	6,0	4,2	6,1	7,3	7,7
	Mundo	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	Mundo (TWh)	0,4	1,0	31,4	96,7	134,5	185,9
	%/total *	0,003	0,007	0,15	0,4	0,6	0,8

* % sobre a geração mundial de energia elétrica

Tecnologias de Geração Solar

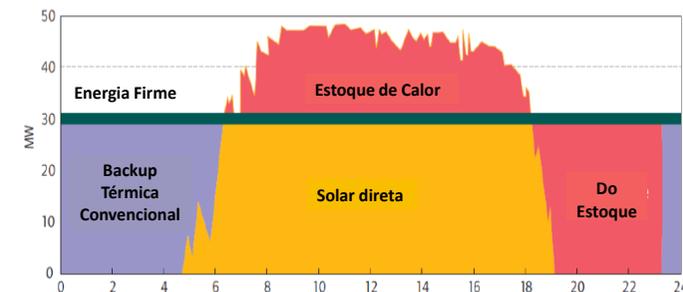
Na década de 50, os painéis solares convertiam apenas 4,5% da energia solar em eletricidade, o que correspondia a 13 Wp/m², a um custo de US\$ 1.785/Wp. Hoje em dia, a eficiência média mundial triplicou para 15% (143 Wp/m²), a um custo 1.370 vezes mais barato, de US\$ 1,30/Wp. Em 2015, de acordo com a Spheralsolar, teve início a oferta de painéis solares com eficiência de conversão de 23,5% (348 Wp/m²).

Os painéis FV feitos de células de silício cristalino puro (c-Si), tecnologia mais empregada atualmente, com uma participação de mais de 95% do mercado, apresentam rendimentos de 13 a 17%.

Outra variante da FV, as células de película fina, são formadas pela deposição de camadas extremamente finas de materiais semicondutores fotovoltaicos (silício amorfo – a-Si, telureto de cádmio - CdTe e disselenito de cobre-índio-gálio – CIGS) sobre um material de apoio, tal como o vidro, aço inoxidável ou plástico. A tecnologia é mais barata porém menos eficiente.

A tecnologia CSP – Concentrating Solar Power consiste em concentrar a luz solar em um receptor, que recolhe e transfere a energia solar para um fluido de transferência de calor, que pode ser usado para fornecer calor para aplicações de uso final, ou para gerar eletricidade em motores térmicos, ou via turbinas a vapor convencionais.

As grandes instalações de CSP podem contar com sistemas de armazenamento de calor, para permitir fornecimento de calor ou de eletricidade durante a noite, ou quando o céu estiver nublado.



- Dobrar o primeiro 1/3 da folha até a linha à esquerda
- Ir para a folha seguinte

Instalações Solares no Mundo

Em 2014, o mundo contava com uma potência instalada solar de 180 GW, sendo 175,7 GW de FV e 4,3 GW de CSP. A geração total foi de 186 TWh, resultando num fator de capacidade médio de 13,2%.

Geração e Potência Instalada Solar no Mundo - 2014

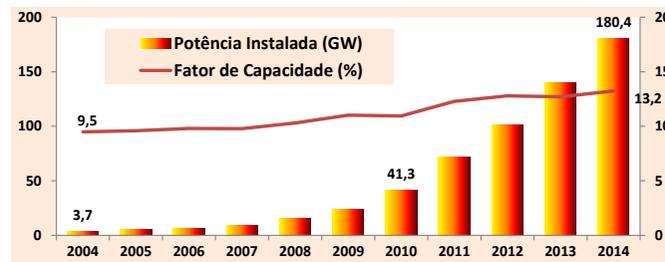
País	Geração (TWh)	% da Geração Total	Potência Instalada (MW)	Fator de Capacidade (%)	Expansão no Ano (GW)
1 Alemanha	34,9	5,7	38.200	10,7	1,9
2 China	29,1	0,5	28.199	14,5	10,6
3 Itália	23,7	8,6	18.460	14,8	0,4
4 Japão	19,4	1,9	23.300	12,0	9,7
5 Estados Unidos	18,5	0,4	18.280	13,9	6,2
6 Espanha	13,7	5,0	5.358	29,2	0,0
7 França	5,9	1,1	5.660	13,0	0,9
8 Austrália	4,5	1,8	4.136	14,0	0,9
9 Grécia	4,5	9,5	2.595	19,9	0,0
10 Índia	4,4	0,3	3.062	18,6	0,7
11 Inglaterra	3,9	1,2	5.228	11,2	2,4
12 Bélgica	3,1	4,3	3.074	11,6	0,1
13 Coreia do Sul	2,5	0,5	2.384	14,6	0,9
14 Rep. Tcheca	2,1	2,5	2.134	11,4	0,0
15 Tailândia	1,5	0,9	1.299	15,7	0,5
Outros	14,2	0,2	19.027	9,8	5,0
Mundo	185,9	0,8	180.396	13,2	40,2
% do mundo	0,8		3,0		18,3

A Grécia tem o maior percentual de geração solar em relação à sua geração total, de 9,5%, seguida da Itália (8,6%). A Espanha fica com o maior fator de capacidade, de 29,2%, em razão da presença de 43% de potência instalada de CSP, boa parte com estoque de calor entre 7 e 8 horas.

Os cinco primeiros países em potência instalada respondem por 70% do total mundial. Em 2015, a China deverá passar ao 1º lugar no ranking mundial de geração solar. Em 2018, o Brasil deverá estar entre os 20 países maiores geradores de energia solar, ao se considerar a potência já contratada (2,6 GW), e a escala de expansão.

Em termos de área geográfica, os 180 GW de 2014, correspondem a 1.260 km² de painéis solares, ou um quadrado de 36 km de lado, considerando 143 W/m² (eficiência de 15% de absorção solar).

Capacidade Instalada e Fator de Capacidade, no Mundo



O desenvolvimento tecnológico, o aumento do porte das instalações, e uma maior expansão da CSP nos últimos anos, vêm proporcionando aumentos no fator de capacidade médio da geração solar mundial, atualmente em um pouco mais de 13%.

vas e consórcios. Para a microgeração, a distribuidora terá o prazo de 34 dias para conectar a instalação à rede, a contar do dia da solicitação.

Instalações Solares no Brasil

Ao final de 2014, o Brasil contava com 15 MW de potência instalada de geração solar, correspondentes a 311 instalações. Foram gerados 16,1 GWh (0,003% da demanda total de energia elétrica), com um fator de capacidade médio de 15%.

Em 2015, a ANEEL passou a adotar nova forma de contabilizar as usinas, separando-as em “outorgadas e com registro” e em “distribuídas”, estas últimas, a partir de informações geradas pelas Distribuidoras. Ao final de novembro de 2015, a potência instalada total estava em 32 MW, para 1.274 instalações.

Instalações Solares no Brasil

Tipo de Registro na Aneel	MW		nº de Instalações	
	2014	2015*	2014	2015*
Outorga e Registro na ANEEL	15,0	21,2	311	24
Distribuída (telhado)**		10,8		1.250
Total	15,0	32,0	311	1.274

* dados de 30/11/2015 ** Informação das Distribuidoras

Do total de 21,2 MW de “Outorga e Registro”, 10 MW (47%) estão em Pernambuco e são de propriedade da Enel. Em Santa Catarina, constam 4 MW (19%), sendo 3,1 MW da Tractebel. Na Bahia, constam 2,5 MW (12%). Estes três estados respondem por 78% da potência mencionada.

As maiores instalações em operação são: 1) Fontes Solar I e II, PE, (5 MW cada); 2) Nova Aurora, SC (3,07MW), 3) Sol Morada Salitre, BA (2,1 MW); 4) Central Mineirão, MG (1,4 MW) e; 5) Tauá, CE, com potência outorgada de 5 MW, mas com apenas 1 MW em operação.

Na potência “Distribuída”, de 10,8 MW, cerca de 50% das instalações estão na faixa de 2 a 4 kW.

Considerando um indicador médio de 143 W/m², a potência instalada solar registrada em novembro 2015, corresponde a uma superfície de painéis de 93 mil m², o que equivale a um quadrado de 305 metros de lado.

Com respeito a coletores solares para aquecimento de água, as informações indicam a existência de cerca de 10 a 11 milhões de m² instalados. Estimativas mostram uma demanda evitada de energia elétrica próxima de 1.100 GWh, pelo uso dos coletores, o que representa 0,2% da demanda total de energia elétrica de 2014.

Incentivos no Brasil

ProGD – O Ministério de Minas e Energia lançou, em 15/12/2015, o Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica, com o objetivo de aprofundar as ações de estímulo à geração de energia pelos próprios consumidores (residencial, comercial, indústria e agropecuária), com base em fontes renováveis, em especial, a solar fotovoltaica. Há potencial para a instalação de 23,5 GW até 2030.

Chamada Pública (CP) ANEEL - Em 2014 e 2015 entraram em operação algumas plantas FV da CP nº 013/2011 - Projetos Estratégicos: “Arranjos Técnicos e Comerciais para Inserção da Geração Solar Fotovoltaica na Matriz Energética Brasileira” (24,6 MW contratados, ao custo de R\$ 396 milhões).

Iisenção de IPI - De acordo com o Decreto nº 7.212, de 15/06/2010, são imunes à incidência do Imposto sobre Produtos Industrializados, a energia elétrica, derivados de petróleo, combustíveis e minerais.

Iisenção de ICMS - Pelo Convênio ICMS 101/97, celebrado entre as secretarias de Fazenda de todos os estados e prorrogado até 31/12/2021, há isenção do Imposto Sobre Circulação de Mercadorias (ICMS) para as operações com equipamentos e componentes para o aproveitamento das energias solar e eólica.

Desconto na TUST/TUSD - A RN ANEEL 481/2012, ampliou para 80% o desconto na tarifa de uso do sistema de transmissão/distribuição (TUST/TUSD) para empreendimentos com potência inferior a 30 MW.

Iisenção de ICMS, PIS e Cofins na Geração Distribuída – Os convênios ICMS 16, 44 e 52, de 2015, do Conselho Nacional de Política Fazendária (CONFAZ), firmados por SP, GO, PE, RN, CE e TO, isentam o ICMS sobre a energia que o consumidor gerar. O tributo se aplica apenas sobre o excedente que ele consumir da rede. O mesmo vale para o PIS e Cofins (Lei 13.169, de 6/10/2015), para todos os estados.

Redução do Imposto de Importação (II) – A Resolução CAMEX 64, de 22/08/2015, reduz de 14% para 2%, a alíquota do II incidente sobre bens de capital destinados à produção de equipamentos de geração solar fotovoltaica, vigente até 31/12/2016.

Inclusão no programa “Mais Alimentos” - A partir de novembro de 2015, os equipamentos para produção de energia solar e eólica passaram a fazer parte do programa “Mais Alimentos”, o que possibilita financiamentos a juros mais baixos.

Apoio BNDES: pela Lei 13.203, de 8/12/2015, o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, foi autorizado a financiar, com taxas diferenciadas, os projetos de geração distribuída em hospitais e escolas públicas.

Expansão da Energia Solar no Brasil

O Plano Decenal de Expansão de Energia – **PDE 2024** - estima que a capacidade instalada de geração solar chegue a 8.300 MW em 2024, sendo 7.000 MW de geração centralizada e 1.300 MW de geração distribuída. A proporção da geração solar chegará a 1% da total.

Em razão do lançamento do **ProGD** pelo MME, em dezembro de 2015, o próximo ciclo do PDE deverá ampliar as metas para a geração distribuída residencial, bem como incluir metas para os setores de serviços, indústrias e agropecuária.

Os estudos do Plano Nacional de Energia – **PNE 2050**-, em elaboração pela Empresa de Pesquisa Energética, estimam que 18% dos domicílios de 2050 contarão com geração fotovoltaica, gerando 45 TWh, ou 13% da demanda. No aquecimento de água, a previsão é que 20% dos domicílios detenham coletores, o que vai corresponder a 8,6 TWh de energia elétrica evitada.

Vantagens Socioambientais

A energia solar é livre de carbono e, portanto, contribui para a redução de emissões de CO₂ na natureza, pelo uso de energia. A geração solar centralizada é complementar à geração hidrelétrica e deve ser considerada junto com a operação dos reservatórios, no processo de variações do armazenamento de energia na forma de estoque de água.

As maiores irradiações solares no Brasil estão em áreas de baixo desenvolvimento econômico, em que o uso da terra e os impostos arrecadados podem contribuir para o desenvolvimento local. A instalação de painéis FV com alturas acima de 2 m pode criar condições favoráveis ao cultivo de hortaliças e legumes.

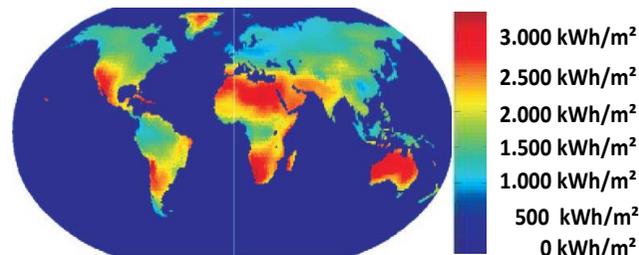
Com o progresso da expansão, a exigência de conteúdo nacional, hoje em torno de apenas 30% (a China é o maior fornecedor mundial de painéis FV), pode passar a mais de 70%, proporcionando geração de empregos e impostos em todas as áreas da cadeia produtiva do setor. O Brasil tem excelentes reservas de silício e lítio, principais matérias-primas da FV e de baterias, respectivamente.

Custos da Geração Distribuída

De acordo com informações de revendedores, o preço do kW instalado de geração FV fica entre R\$ 8.000 e R\$ 12.000,00 (câmbio: R\$3,80/US\$), a depender das condições locais de irradiação, da superfície de instalação e da tecnologia. Para consumos mensais entre 500 e 1.000 kWh, a necessidade média de potência é de 3 a 6 kW. É recomendável contratar os serviços de empresa especializada.

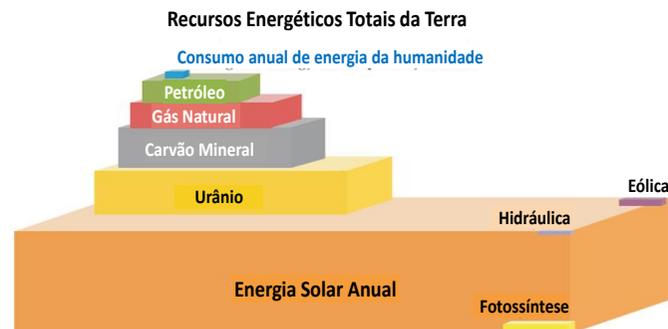
Potencial no Brasil e Mundo

O potencial brasileiro para energia solar é enorme. A Região Nordeste apresenta os maiores valores de irradiação solar global, com a maior média e a menor variabilidade anual entre todas as regiões geográficas. Os valores máximos de irradiação solar no país são observados na região central da Bahia (6,5kWh/m²/dia), incluindo, parcialmente, o noroeste de Minas Gerais. Há, durante todo o ano, condições climáticas que conferem um regime estável de baixa nebulosidade e alta incidência de irradiação solar para essa região semiárida.



A irradiação média anual brasileira varia entre 1.200 e 2.400 kWh/m²/ano, bem acima da média da Europa, mas há no mundo regiões com valores acima de 3.000 kWh/m²/ano, como Austrália, norte e sul da África, Oriente Médio, parte da Ásia Central, parte da Índia, sudoeste dos USA, México, Chile e Perú.

A proporção do potencial mundial da energia solar anual, em relação aos recursos energéticos das demais fontes de energia, é mostrada na figura a seguir.



Montagem do Folder (etapa 2 pg 3, 4, 5 e 6)

- Dobrar o primeiro 1/3 da folha até a linha à esquerda
- Encaixar esta folha dobrada no interior da primeira
- Grampear na dobra da encadernação
- Cortar nas linhas pontilhadas, para eliminar partes em branco

Instruções para imprimir o folder:

- Impressora colorida
- Nenhum para dimensionamento de pgs
- Imprimir nos dois lados
- Dobrar na borda horizontal
- Clicar em Sim para mensagem de margem